



TITLE:

人の意識・行動のモデル化とその都市施設整備計画への応用に関する研究(Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

近藤, 光男

CITATION:

近藤, 光男. 人の意識・行動のモデル化とその都市施設整備計画への応用に関する研究. 京都大学, 1991, 工学博士

ISSUE DATE:

1991-06-29

URL:

<https://doi.org/10.11501/3057497>

RIGHT:

②

人の意識・行動のモデル化と
その都市施設整備計画への応用に関する研究

平成 3 年 2 月

近 藤 光 男

序

昨年行われた第3回日米構造協議の最終報告で、わが国における今後10年間（1991～2000年度）の公共投資額を430兆円とすることが決まった。これまでの10年近く続いた公共事業のマイナスゼロ・シーリングの影響もあってわが国の道路や下水道、公園、コミュニティ・センター等の生活関連社会資本は著しく不十分なままとなっている。

1人当りの国民総生産が世界の上位を確保しながら、国民が豊かさを実感できない原因の1つに、欧米諸国に比べ著しく立ち遅れている社会資本整備があげられる。米国から受けた社会資本の拡充の指摘は、単に内需拡大による貿易黒字べらしだけではなく、隣国の生活水準の低さに対する同情のようにも思える。国際時代の都市づくりがさげられる昨今、まず生活環境施設を中心とする社会資本の早急な整備が望まれる。

都市施設は都市における社会資本であり、都市施設の整備は都市計画を通じて行われる。都市は人々が生活や生産、サービス活動を行う場であり、これらの活動がより効率的で、安全に、また快適に行える場をつくるためには、そこに供給される都市施設が都市における活動と調和のとれたものでなければならない。都市計画は、そこに都市住民のニーズや行動が反映され、さらに論理的でかつ説得力のあるものが求められる。そのような都市計画を立案するためには、都市のモデルをとおして、あるいはそれを利用して対応することが必要であり、また有効な方法である。

このような観点から、本研究では、都市住民の意識と行動をモデル化する方法を提案し、その都市施設整備計画への応用例を示すことによって、方法論の検討を行った。人の意識や行動のモデル化においては、簡潔で、論理的なモデルを導くことができ、さらにそれらのモデルの適用結果から、本研究で提案した方法論は都市施設整備計画に有効に用いることができると考えている。

本研究の成果が人の意識と行動のモデル化の発展とその都市施設整備計画への応用の一助となれば幸いである。

平成3年2月

近藤 光男

目 次

第1章 序 論	1
1. 1 研究の目的	1
1. 2 研究の内容	2
第2章 人の意識と行動のモデリングアプローチ	5
2. 1 概 説	5
2. 2 人の意識のモデル化	5
2. 2. 1 都市施設の評価意識構造のモデル	7
2. 2. 2 都市施設の整備水準に対する評価のモデル	10
2. 2. 3 本研究におけるアプローチとその特徴	10
2. 3 人の行動のモデル化	16
2. 3. 1 経験則、確率論、アナロジーに基づくアプローチ	17
2. 3. 2 効用理論に基づくアプローチ	21
2. 3. 3 本研究におけるアプローチとその特徴	33
2. 4 結 語	39
[第2章 参考文献]	42
第3章 都市施設に対する満足度意識のモデル化とその応用	47
3. 1 概 説	47
3. 2 本研究の視点および従来の研究との関連	47
3. 3 都市施設に対する満足度意識のモデル化	49
3. 3. 1 満足度意識のモデル化	49
3. 3. 2 施設の整備量に対する満足率モデル	50
3. 3. 3 施設の配置に対する満足率モデル	53
3. 4 都市の生活環境施設の整備量に対する満足率モデルの推定と応用	57
3. 4. 1 モデルのキャリブレーション	58
3. 4. 2 目標整備水準の設定	60
3. 5 都市の生活環境施設の配置に対する満足率モデルの推定と応用	60
3. 5. 1 モデルのキャリブレーション	62
3. 5. 2 誘致距離の設定	65
3. 6 結 語	68
[第3章 参考文献]	71

第4章 都市施設整備における効率性と公平性意識のモデル化とその応用	73
4.1 概説	73
4.2 本研究の視点および従来の研究との関連	73
4.3 効率性と公平性を考慮した都市施設の評価モデル	74
4.3.1 効率性と公平性の計量尺度	74
4.3.2 評価モデルの構築	75
4.4 都市施設整備における効率性と公平性意識のモデル化	77
4.4.1 効率性と公平性意識の導入方法	77
4.4.2 モデルの特定化と推定方法	78
4.5 効率性と公平性の計量化	80
4.5.1 効率性の計量化	80
4.5.2 公平性の計量化	80
4.6 効率性と公平性からみた生活環境施設の評価	82
4.6.1 効率性と公平性に関する意識調査	82
4.6.2 モデルのキャリブレーション	83
4.6.3 評価モデルの適用と考察	86
4.7 結語	91
[第4章 参考文献]	94
第5章 効用最大化による都市公共施設の利用行動のモデル化とその応用	95
5.1 概説	95
5.2 本研究の視点および従来の研究との関連	95
5.3 都市公共施設の利用行動のモデル化	97
5.3.1 利用行動の仮説と定式化	97
5.3.2 利用行動モデルの導出	101
5.4 利用回数とその性質	102
5.4.1 最適利用回数	102
5.4.2 利用回数とその影響要因の関係	103
5.5 都市公共施設の需要構造の推定	106
5.5.1 公園の利用行動調査	106
5.5.2 児童公園・児童遊園に対する需要構造	107
5.5.3 都市公園に対する需要構造	111
5.6 結語	113
[第5章 参考文献]	116

第6章 効用最大化による商業施設の利用行動のモデル化とその応用	117
6.1 概説	117
6.2 本研究の視点および従来の研究との関連	117
6.3 商業施設の利用行動のモデル化	119
6.3.1 利用行動の仮説と定式化	119
6.3.2 利用行動モデルの導出	120
6.3.3 買物需要とマーケット・シェア	123
6.4 商圏	124
6.4.1 商圏の定義	124
6.4.2 商圏の設定方法	125
6.4.3 複数の商業施設の商圏	128
6.5 交通施設整備と商業施設の立地による商業施設の需要の変化	131
6.5.1 交通施設整備による影響	131
6.5.2 商業施設の立地による影響	132
6.6 幹線道路の整備が商業施設の利用に及ぼす影響の計量	134
6.6.1 計量方法	134
6.6.2 分析対象地域と道路の整備状況	136
6.6.3 商業施設の利用行動モデルと魅力度関数の推定	138
6.6.4 買物需要と商圏の変化	140
6.7 結語	145
[第6章 参考文献]	148
第7章 結 論	151

第 1 章 序 論

1. 1 研究の目的

都市は人々が生活や生産、サービス活動を行う場であり、これらの活動がより効率的で、安全に、また快適に行える場をつくるためには、人々の意識や行動に適したシステムを導入しなければならない。都市施設は、都市のシステムを構成する要素の1つであり、都市計画を通じて供給されている。このために人の意識や行動を都市計画に反映させることを目的として、意識や行動の調査やモデル化が長年にわたって行われてきた。科学的思考や数学的な分析道具が十分でなかった時代には経験や勘に基づいて意識や行動がモデル化されていたが、年を重ねるにしたがって、数学、経済学、社会学、心理学等の分野から多くの知識が持ち込まれ、よりの確なモデル化がなされてきた。

しかしながら、このようにして発展してきた都市のモデルの中にも、その解釈が論理的に行えないものや現実の都市計画に適用するための道具として磨き上げられていないものが存在する。また、実際の現象をうまく表現できることから経験的に適用されてきたものの理論的な意味づけが十分でないモデルもみられる。都市計画は、そこに都市住民のニーズや行動が反映され、さらに論理的でかつ説得力のあるものが求められる。そのような都市計画を立案するためには、都市のモデルをとおして、あるいはそれを利用して対応することが必要であり、また有効な方法である。

このような観点から、本研究では、都市住民の意識と行動をモデル化する方法を提案し、その都市施設整備計画への応用例を示すことによって、その方法論について検討することを目的とする。この目的を達成するために、本研究でとり扱う課題は以下のように要約できる。

- ① 都市住民の意識や行動を都市計画に反映させるために、意識や行動のモデル化の方法を提案する。提案するモデルは個人をベースにしたものであり、モデルに理論的な解釈をもたせるとともにとり扱いが容易なものとする。
- ② 人の意識をモデル化し、都市施設個別の整備量と配置の評価を行うことを目的としたモデル、および都市全体からみて整備の効率性と公平性を同時に考慮して評価を行うことを目的としたモデルを導くための方法論を提案する。そして、2つのモデルの応用例を示し、その方法論について検討を行う。

- ③ 人の行動のモデル化においては、効用理論に基づくアプローチを用い、個人の行動をミクロなレベルでモデル化する方法を提案する。まず最初に個人の効用関数を仮定し、各個人は効用最大化行動をとるとの仮説のもとに行動モデルを導き、それを都市施設の需要のメカニズムの解明や需要予測に応用することによってその方法論の検討を行う。本研究では、効用理論に基づくモデル化のアプローチは同じであるが行動のとらえ方の違いから、2種類の行動モデルを提案する。

1. 2 研究の内容

本研究は、図1-1に示すように7章から構成されている。

第2章では、本研究で提案するモデルは人の意識のモデルと人の行動のモデルに大別できることから、特にモデリングアプローチに着目して従来の研究を概観し、その中で本研究で提案するモデルとそのアプローチの特徴を述べる。人の意識のモデル化においては、都市施設の評価意識構造のモデルと都市施設の整備水準に対する評価のモデルについて従来の研究を整理する。また、人の行動のモデル化においては、経験則、確率論、アナロジーに基づくアプローチによって従来の研究を整理し、そのモデリングアプローチの歴史をふり返る。そして、効用理論によるアプローチによって導かれたモデルを整理する。

第3章では、都市施設に対する満足度意識をモデル化し、それを応用して設定した具体的に望まれる施設整備水準について考察を行う。まず、都市施設に対する住民の満足度意識のモデル化の方法について述べ、続いて施設の整備量に対する満足率モデルと施設の配置に対する満足率モデルを作成する。そして、それぞれの満足率モデルのキャリブレーションを行い、得られたモデルを用いて都市施設の整備における具体的な目標水準とその配置における誘致距離を設定する。

第4章では、都市施設整備においては効率性と公平性は基本的目標であり、施設整備計画ではこれらの目標を考慮し、都市全体としてバランスのとれた整備を行うことが望まれるとの観点から、効率性と公平性を同時に考慮した都市施設の評価モデルを提案する。次に、効率性と公平性の意識をモデル化し、提案した評価モデルの推定方法を説明する。そして、アンケート調査データを用いて評価モデルを推定し、そのモデルを実際の都市に適用して生活環境施設の評価を行うとともに、モデルの適用性を検討する。

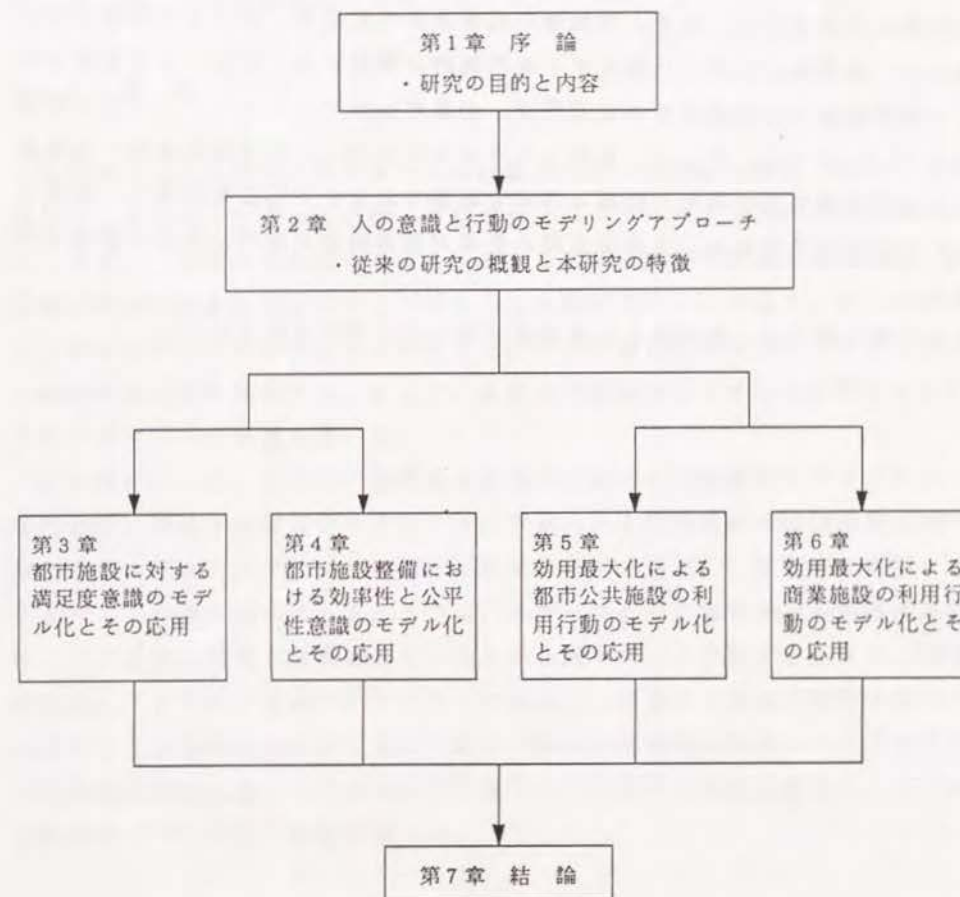


図1-1 本研究の構成

第5章では、都市公共施設の利用者の立場から利用行動をモデル化し、それを用いて施設の利用に影響を及ぼす要因と利用との関係、すなわち都市公共施設の需要構造を明らかにすることを目的として分析を行う。まず、都市公共施設の利用者の需要行動を説明するために利用者の効用関数を定式化し、利用者は施設の利用において効用を最大化する行動をとるという仮説に基づいて、施設の整備状態と利用回数の関係をモデル化する。そして、得られたモデルの実証分析として、児童公園・児童遊園、および都市公園の需要構造を解明する。

第6章では、消費者の商業施設の利用行動をモデル化し、それに基づく買物需

要の予測方法を説明し、さらにモデルの応用として商業施設の利用からみた道路整備効果の分析を行う。まず、消費者の商業施設の利用時における効用最大化の仮説から、商業施設の利用行動モデルを理論的に導出する。次に、このモデルを用いた商業施設への買物者数の需要予測、商業施設のマーケット・シェアの算出方法について述べる。そして、提案したモデルを応用して交通施設整備と商業施設の立地が商業施設の利用と商圈に及ぼす影響を計量する方法を説明し、事例分析として地方都市圏において幹線道路の整備が商業施設の利用に及ぼす影響を計量する。

最後に第7章では、結論として本研究で得られた成果をまとめる。

第 2 章 人の意識と行動のモデリングアプローチ

2. 1 概 説

本研究では人の意識のモデルと人の行動のモデルを提案するが、モデリングの視点は、どちらのモデルも意識と行動を個人のレベルでとらえたものである。しかしながら、モデルの内容からみるとそれらは都市施設を評価するモデルと都市施設の利用行動を記述するモデルの2つに大別することができる。そこで、本章では特にモデリングアプローチに着目し、人の意識と行動のモデルについて、別々に従来の研究を概観する。そして、本研究で提案するモデルの位置づけを行い、そのアプローチの特徴を述べる。

まず最初に、2. 2では、都市施設評価のための人の意識のモデル化について、都市施設の評価意識構造のモデリングアプローチと都市施設の整備水準に対する評価のモデリングアプローチに関して従来の研究を整理し、本研究で提案するアプローチの特徴を述べる。2. 3では、モデリングの前提やモデルの導出過程に基づいて従来の研究で提案されている人の行動モデルを分類する。まず、経験則、確率論、アナロジーに基づくアプローチによって従来のモデルを整理するとともにモデリングの歴史についてもふり返る。次に、本研究で提案するモデルの基礎となる効用理論に基づくアプローチを用いている従来の研究を整理し、その中で本研究のアプローチの特徴を述べる。

2. 2 人の意識のモデル化

都市施設整備計画に住民意識を考慮することは、計画の目的から考えても当然であり、社会に対する住民意識が高まった現在、不可欠となっている。最近では、住民意識は都市施設整備計画だけでなく、都市計画全般にわたって関わりが深くなってきており、都市計画の分野においても住民意識の研究は幅広く行われている。しかし、ここでは本研究の目的に沿って、都市施設整備計画に用いられるモデルに的を絞り、人の意識のモデル化の方法論に関する従来の研究を概観し、本研究の特徴について述べることにする。

「都市計画における住民意識研究」と題した論文¹⁾で、川瀬は、『都市計画での住民意識論の研究領域は、①調査論、②分析論、③計画論に大別できる。そし

て、住民意識研究は、フィードバックを含む、調査論→分析論→計画論のプロセスの中で、研究領域が確立される必要がある。』と述べている。また、『住民意識の研究タイプは、①問題追求型、②方法適用型、③計量分析型、④計画実践型に分類できる。』としている。この分類は計画のプロセスからみても、研究タイプをうまく、かつわかりやすく表現しているが、実際に行われている調査研究をみると、必ずしもこれらの4つのタイプに分類できるとは言えず、互いに他と関連して検討されている。

さらに、住民意識研究の分野を研究課題や研究目的からみて、次の5つに分類している。それらは、『①都市と市民との関わりから、住民意識そのものについて都市社会学、社会心理学的に研究するもの。②都市計画における都市解析の一環として都市の物理的・施設的条件と人間の意識（行動）の因果関係、メカニズム等、人間-環境系の構造について研究するもの。③地域計画、都市計画、地区計画立案過程において、計画の方法論、実践論に組み入れて、計画行為に役立て研究するもの。④都市行政、都市経営の一環として住民参加の問題を主体として、市民意識の多面的研究をするもの。⑤現実に存在する社会的な人間行動の諸現象を科学的方法で統合する行動科学的アプローチで研究するもの。』である。このうち、都市計画分野においては、②、③、および④がその主たる研究課題になっているといえよう。

以上のような分類に対し、本研究でとり扱う分析を位置づけると、住民意識論からは分析論と計画論にまたがるものであり、住民意識の研究タイプとしては計量化分析型、計画実践型に相当する。さらに、研究課題からみると、都市の物理的・施設的条件と人間意識の因果関係、メカニズムについて研究し、都市施設の整備計画の方法論、実践論に組み入れて、計画行為に役立てようとするもので、上記の②と③に相当する。

以下では、2. 2. 1で、都市施設の評価意識構造のモデリングアプローチについて、2. 2. 2では、都市施設の整備水準に対する評価のモデリングアプローチについて従来の研究を概観する。ここでいう評価意識構造とは、住民が都市環境を評価するときのメカニズムを意味し、都市施設の物理的条件との関係は扱わない。次に、都市施設の整備水準に対する評価とは、都市施設の物理的条件と住民の意識を関連づけ、施設の物理的条件を住民の満足度といった指標で表現することである。そして、2. 2. 3で、本研究におけるアプローチとその特徴について述べる。

2. 2. 1 都市施設の評価意識構造のモデル

本研究では都市施設の評価意識構造を2つの面からとらえる。例として、都市施設を含む都市環境をとりあげ説明すると、1つ目は、都市環境は多くの構成要因から成ると考えられるが、要因が作りあげる構造は、互いの関連性と要因間のウェイトを解明することによって明らかにできるものであり、都市環境の良さそのものを評価する意識構造である。2つ目は、都市環境の評価に公平性という概念を導入し、都市内のある地域、あるいは都市環境全体におけるある部分だけの良さを評価するものではなく、都市全体、あるいは環境全体からみて、それらに格差がなくバランスのとれた都市が高く評価されるという面から、都市環境の評価意識構造をとらえる²⁾。

(1) 評価意識構造のモデル化

評価意識構造のモデル化は、評価意識を構成する要因間の関連性と重要度の分析に大別することができる。要因間の関連性の分析とは、それらの補完性と代替性に関する分析であり、重要度の分析は要因に補完性が存在するときに要因間のウェイトを推定する分析である。したがって、この分析は都市施設整備に対する人の評価メカニズムのモデル化であって、例えば、都市環境を評価する多くの要因に対する個々の評価値が与えられたという前提で、それらがどのようなプロセスによって都市全体の環境の評価値に変換されていくかを構造的に示すことが目的である。

わが国においては、都市環境を評価する目的で住民の評価意識構造のモデル化を行う研究が1960年代の末期に始まり、いくつかの成果を残し、現在もこの種の研究は続けられている³⁾。特に、諸外国に比べ、都市施設整備が立ち後れているわが国では、これまでに多くの施設整備計画が立案されてきたが、その計画過程において評価意識構造モデルは重要であった。

これらの分析に共通していえることは、分析に住民の意識調査データが必要であるということである。そして、意識調査の方法として一般的によく行われてきたのは、都市環境を構成する多くの要因と総合的な要因を準備しておき、住民にそれらに対する満足度等を質問するものであり、これによってカテゴリーデータを得ている。この意識調査データに対し、属性相関分析による要因間の関連分析、因子分析や数量化理論Ⅲ類分析等による要因間の類似度の分析、さらに数量化理論Ⅱ類分析による要因間のウェイトの推定が行われ、これらを総合化して評価意

識構造の同定を行う方法が従来からよく用いられてきた^{4), 5), 6)}。最近では、評価意識の階層構造をモデル化するための手法として、ISM法 (Interpretive Structural Modeling) を適用した例⁷⁾や複雑な構造をもつ評価意識を推定するために、シンプルで、論理的な回路構造モデルを提案し、少数のサンプルからモデルを推定できるGMDH (Group Method of Data Handling) を適用した例⁸⁾など新しい方法論の導入がみられる。

このように、評価意識構造のモデル化に関しては数多くの成果があり、現在もこの分野の研究が行われているものの、実際への適用についてはこれまでの成果を用いれば可能であると考えられることから、本研究でとり扱うモデリングアプローチの対象からは除くことにする。

(2) 公平性の評価意識構造のモデル化

都市施設の整備において効率性と公平性は重要な前提条件になるにもかかわらず、これまでの整備計画においては公平性はあまり重視されていなかったといえる。その理由の1つとして、わが国における都市施設整備の悪さがあげられる。公平性、すなわち地域間や施設間の整備の差異は、都市施設の整備がある程度、例えば、シビルミニマムといったレベルに達するまでは検討する範囲に入りにくいものであると考えられる。これまでのわが国においては、とにかく都市施設の整備をある程度まで引き上げることが重要であり、かつ現実的な課題であったため、公平性の検討は後回しになっていたといえよう。都市施設の整備は、近年になってやっと満足できるような範囲にまで達しており、公平性が施設整備における重要な課題になってきている。

わが国において、この種の研究の従来の成果をみると公共計画の公平性の指標に関して整理したものがあるものの⁹⁾、都市施設整備における具体的な公平性の議論を行った研究事例はみあたらない。一方、外国の例をみると、Atkinsonが公平性 (不平等性) の計測方法について述べた論文を発表している¹⁰⁾。経済学で個人の富の分配の公平性に端を発したこの分野の研究は人の精神・意識に深く係わるものであり、人を取り巻く都市環境、それを構成する都市施設整備の公平性も人の精神・意識と結び付きが強く、都市計画においても大いに議論すべき課題であるといえる¹¹⁾。この点において、本研究で提案する公平性を考慮した都市施設整備計画の評価の方法論は将来の計画に新しい1つの方向性を示すものであると期待できる。

2. 2. 2 都市施設の整備水準に対する評価のモデル

わが国においては、都市施設の整備水準に対する評価は、都市環境全体の評価システムの1部として研究されている事例がいくつかある^{12), 13)}。すなわち、2. 2. 1の(1)で述べた都市環境の評価意識構造を構成する個々の要因の評価を都市施設の整備状況といった物理的条件の関数で表現する部分であり、この部分だけを課題としている研究もあるが、トータルとしての都市環境を評価するには、評価意識構造の同定が必要となってくる。

都市施設の整備水準に対する評価モデルは、複数の施設の整備水準を変数として評価意識構造の1つの要因の評価値を推定するモデルと、1つの都市施設と評価意識構造の1要因を結び付けたものの2つに大別することができる。評価意識を構成する要因は、いくつかの物理的・施設の条件が合わさって評価されていると考えられるが、評価意識構造を細分化していくと、各要因は1種類の都市施設の整備状況で表現できることになる。前者の場合は、評価関数内に複数の変数があるため、説明変数間の関係が不明確になる恐れがあるものの評価モデルの説明力は高まる。後者の場合は、評価関数がシンプルでわかりやすく、都市施設整備と住民の意識との関係が明確になる反面、説明力が十分なモデルが得にくいという欠点もある。

次に、モデルの仮説であるが、都市の物理的・施設の条件と住民の満足度を経験的に観察して導かれた線形回帰モデルや対数形の非線形回帰モデル、都市施設に対する各個人の評価水準と実際の施設に対する評価値は確率分布をしており、評価値が評価水準を上回ったときに住民は満足するという仮説を設け、確率的に評価関数を導いたモデル等がある。多くのモデルは前者のタイプであり、都市の物理的・施設の条件と住民の満足度の関係が直接的にモデルに反映されており、直観的にもわかりやすいという長所をもっているが、住民の満足度の上限は100%と考えられるにもかかわらず、その値を上回る評価値が算出されたり、満足度が負の値として計算される可能性のあるモデルがある。しかしながら、この問題に対しては、モデルはそれが推定されたデータの領域から大きく離れたところでは適用が困難であるとの考えから、モデルの適用範囲を設定することで便宜上処理することができる。これに対し後者のモデルは、この問題を確率論を持ち込むことによって、うまく解決している。後者のモデルは、前者に比べて計算が若干複雑になるという欠点をもっているが、最近では計算機の発展のおかげでほとんど問題とはいえない。これらのモデルは、住民意識調査から得られる評価意識

構造の各要因の満足度と実際の都市の物理的・施設的条件の観測値を用いて推定されている。

2. 2. 3 本研究におけるアプローチとその特徴

ここでは、本研究でとり扱う人の意識のモデリングアプローチの特徴を述べるが、第3章と第4章で提案する2種類のモデルは、それらが用いられる目的や領域が異なるため、それぞれに従来のモデルと比較し、その特徴を整理する。

(1) 満足度意識に基づく都市施設の評価モデル

本研究では、第3章で、都市施設に対する満足度意識をモデル化し、施設の整備量に対する満足率モデルと施設の配置に対する満足率モデルの2種類のモデルを導出する。これらのモデルの仮説は同じであり、都市施設の利用者である個人の意識をモデル化するミクロなアプローチである。各個人は都市施設の整備に対し、これ以上なら満足できるという満足水準をもっており、実際に供給される都市施設の整備水準が満足水準以上ならそれに満足し、逆に下回るなら満足しないと考えている。そして、満足水準は各個人で異なった値をとる確率変数であると仮定し、整備水準と満足率の関係を確率論的に定式化している。

まず、施設の整備量に対するモデル¹⁴⁾では、確率変数である満足水準は正規分布に従うと仮定し、満足水準を標準化した値は、施設の整備量の関数で表現できることを導いている。この関数には線形1次式と対数式を仮定している。このような取り扱いにより、被説明変数である都市施設の整備水準に対する満足率は0から100%の値をとることになる。また説明変数には、たった1種類の施設を考え、その施設に需要を考慮して作成した2種類の変数、すなわち施設の量を利用対象者数で除した変数と施設が利用される圏域の面積で除した変数を用いる。これによって、施設の整備水準の評価に需要が考慮できるとともに1つの評価式は1種類の施設のみを扱っていることから、都市施設の評価が個別に行えるという利点をもっている。さらに、住民の都市施設への整備の要望が直接その施設の整備すべき量に反映でき、整備計画の立案に簡単に利用することができる。

表2-1および表2-2は過去に提案された都市施設を含む都市の環境を評価するモデルのうちから5例をとりあげて整理し、本研究で提案するモデルと比較したものである。まず、梶¹⁵⁾の研究はこの分野における先駆的研究の1つであるといえる。作成されたモデルは評価意識構造の階層では比較的上位に位置する安

表2-1 都市施設・都市環境に対する従来の評価モデルと本研究で提案するモデルとの比較(その1)

モデル	梶	天野・青山・三木	小澤
仮説	経験的、統計的	環境の評価値U、評価水準U0、満足度V=U-U0が正規分布。満足度は環境要因の関数。満足率は満足度がある値以上の確率。	経験的、統計的
モデルの適用	都市環境の評価 都市施設整備計画の立案	住宅と生活環境の評価	児童公園の配置計画
関数形	対数関数	数量化理論Ⅱ類	重回帰式
被説明変数	評価意識構造の上位の要因	住環境全体	都市環境全体
説明変数	都市施設の量 都市施設までの距離 自然条件	住環境を構成する階層構造の下位要因のカテゴリデータ	都市環境を構成する階層構造の下位要因のカテゴリデータ
説明変数の数	複 数	複 数	複 数
被説明変数の推定値が妥当	○	○	×
備 考	被説明変数を社会効用としたため推定される値が不明確。説明変数が多すぎる。	被説明変数の値(満足率)が0から100%の範囲にある。都市施設の評価モデルというよりも評価意識構造のモデルである。	都市施設の評価モデルというよりも評価意識構造のモデルである。

表 2-2 都市施設・都市環境に対する従来の評価モデルと本研究で提案するモデルとの比較（その 2）

モ デ ル	定井・近藤・渡辺 定井・増田	高 橋 ・ 須 田	本 研 究
仮 説	経験的、統計的	経験的、統計的	施設整備に対する満足水準が正規分布。現実の施設整備が満足水準以上のとき満足。現実の整備水準は需要を考慮した整備量の関数。
モデルの適用	都市環境の評価 都市施設整備の最適化計画	都市環境の評価	都市環境の評価 都市施設整備計画の立案
関 数 形	重回帰式 数量化理論Ⅰ類	重回帰式 対数関数	重回帰式 対数関数
被説明変数	評価意識構造の下位の要因	評価意識構造の下位の要因	評価意識構造の下位の要因
説明変数	都市施設の量 都市施設までの距離	都市施設までの距離 自然条件	都市施設の整備量/ 利用対象者数 都市施設の整備量/ 圏域の面積
説明変数の数	複 数	複 数	最 大 2 個
被説明変数の推定値が妥当	×	×	○
備 考	「住みよさ」最大化に基づく都市施設の整備、投資計画の評価を行っている。	十分なシステムがつけられられていない。	被説明変数は、評価意識構造の下位の要因というより、都市施設そのものに対する満足率（0～100%）である。

全性、利便性、保健性、快適性からみた都市環境の良さを社会効用という概念を用いて計量している。このときの説明変数には、需要を考慮した都市の施設量、施設までの距離、自然条件に関する多くの変数を用いている。関数には対数関数を用い、ある程度の推定精度を示しているが、説明変数の数が多いことが精度を上げていると考えられる。また、説明変数の数が多いため、被説明変数と説明変数の間、および説明変数間の定量的な関係が若干不明確になっている。定井、近藤、渡辺¹⁶⁾、および定井、増田¹⁷⁾の研究と高橋、須田¹⁸⁾の研究におけるモデルは類似している。定井らの研究では、都市環境の評価および都市施設整備計画に適用できるトータルシステムが提案され、その中のサブシステムとしてこのモデルが作成されている。モデルは評価意識の階層構造の中の下位の要因に対する満足度を都市施設の量や施設までの距離を説明変数としたものであり、重回帰モデルと数量化理論Ⅰ類モデルを作成している。高橋らも評価意識の階層構造の下位の要因に対する満足度を説明するモデルを作成しようとしているものの、十分な精度をもつモデルが得られていない。

天野、青山、三木¹⁹⁾は、個人はある都市施設に対して評価水準 U_0 をもち、供給された施設に対して評価値 U を与える。そして、評価値 U が評価水準 U_0 以上であれば、個人は施設に満足すると考えた。この評価値 U と評価水準 U_0 を確率変数と仮定し、その差 $U - U_0$ を満足度 V とするとこの V も確率変数になることから、満足度がある値 V 以上の確率を満足率と定義した。こうすれば与えられた都市の環境に対する満足率は 0 から 100% の範囲に入ることになる。満足度とそれを説明する変数との間には線形関係が成り立つと仮定し、数量化理論Ⅱ類のモデルを作成している。しかしながら、このモデルは都市施設の整備量といった物理的な変数を説明変数にもたず、説明変数が評価意識構造の下位の要因、被説明変数がそれらの上位の要因であることから、2. 2. 1 の (1) で述べた評価意識構造のモデルに近いものである。したがって、例えば、都市施設が整備され、その量が増加しても、直接的には都市環境の評価値（満足率）は算出できない。小沢²⁰⁾の研究では、児童公園の配置計画というシステムの中のサブシステムとして評価モデルが作成されている。モデルは経験的、統計的に仮定されたシンプルな線形 1 次式である。このモデルも天野らのモデルと同じように評価意識構造のモデルに近いものである。

次に、都市施設の配置に対する満足率モデル²¹⁾について述べる。施設が配置されるとき、施設の利用者である個人はある距離以内にその施設を配置して欲し

いと望む距離をもっており、この距離を満足距離と定義する。そうすると、施設がこの満足距離よりも近くに配置されると個人はその配置に満足すると考えられる。この満足距離は個人で異なった値となる確率変数であると仮定すると、配置された施設までの距離に対する満足率は満足距離の確率分布を積分すれば求めることができる。これによって、都市施設がある距離（誘致距離）だけ離れて配置された場合の都市全体での住民の満足率は、満足率関数を2次元的に積分すれば求めることができる。ここでは満足距離の分布関数をその特性からワイブル分布と仮定し、施設の配置に対する満足率を推定できるモデルを導いている。このモデルの被説明変数は配置された施設に対する住民の満足率、説明変数は施設の誘致距離であり、1つのモデル式で1種類の施設を扱った、わかりやすくシンプルなものである。

表2-3に過去に提案された都市施設の配置に対する評価モデルのうちから2例を取りあげ、本研究で提案するモデルと比較して整理する。青山²²⁾の研究では、都市施設を利用して得られる価値入と施設に到着するために失う価値の差が正であれば施設の利用者はその配置に満足していると前提にたち、価値入が確率分布していると仮定して配置された施設に対する満足率をモデル化している。都市施設を利用して得られる価値入は指数分布と仮定し、公園の配置等について配置に対する満足率との関係を現実の調査データから検討しているものの具体的な評価関数は推定されておらず、理論研究にとどまっている。研究全体は都市施設の配置計画システムをテーマとしており、施設の配置評価モデルは1つのサブシステムを構成している。天本・樗木・吉武²³⁾の研究では、施設までの距離とその利用から住民が得る便益スコアとの関係に、経験的に非線形の単調減少関数と一様関数の2種類を仮定し、施設の配置評価モデルを導いている。個々の施設について関数形を推定しているものの被説明変数の便益スコアの意味するところが不明確である。

（2）効率性と公平性意識に基づく都市施設の評価モデル

都市施設整備においては、効率性はもちろん公平性も考慮し、地域や施設間で整備格差が無い状態が望まれる。施設整備において公平性を考慮するということは、単に公平性だけを考えるのではなく、効率性と公平性が両立できたときに評価できる施設整備計画となる。この分野における従来の研究はみあたらず、先に述べたように公平性の考え方やその計量方法について論じた文献がいくつかある

表2-3 都市施設の配置に対する従来の評価モデルと本研究で提案するモデルとの比較

モデル	青山	天本・樗木・吉武	本研究
仮説	施設を利用して得られる価値入が指数分布。利用価値入が施設に到着するのに失う価値以上であれば配置に満足である。	経験的、統計的	都市施設を配置して欲しい距離を満足距離とし、現実の配置距離が満足距離以下であれば満足。満足距離にワイブル分布を仮定。
モデルの適用	都市施設の配置計画の評価	都市施設の配置計画の評価	都市施設の配置計画の評価
関数形	指数分布	非線形一様関数	ワイブル分布
被説明変数	配置に対する満足率	便益のスコア	配置に対する満足率
説明変数	施設までの距離	施設までの距離	施設までの距離
説明変数の数	1 個	1 個	1 個
被説明変数の推定値が妥当	○	○	○
備考	理論展開のみで評価モデルが具体的に推定されていない。満足率関数の導出で2次元的な（面的な）取り扱いがされていない。	被説明変数の便益のスコアの意味が不明確。評価において2次元的な（面的な）取り扱いがされていない。	個々の都市施設について、配置に対する満足率モデルを推定。面的な取り扱いにより満足率関数を導出。誘致距離の提案をしている。

だけである。第4章の都市施設整備における効率性と公平性意識のモデル化²⁴⁾の特徴は、効率性と公平性を同時に考慮して都市施設整備計画の評価を行い、さらに計画立案に役立つモデルを作成することである。整備の総予算が与えられた場合、効率的な、すなわち施設整備に対する都市全体で平均的な評価値が良くなるような整備計画を行えば地域的な格差が増大し、逆に地域的な整備格差をなくすような整備計画を行えば非効率的になるというように、条件によっては、効率性と公平性にはトレードオフの関係が存在する。そこで、効率性と公平性を同時に考慮した場合の望ましい施設の整備状況とはどのような状態であるかを調査し、それから望ましい整備計画を策定するには2つの目標のどちらにどの程度のウェイトおくべきかを推定する。そして、得られたモデルを用いて現状の施設の評価を行う。

2. 3 人の行動のモデル化

人や物の移動を表現するモデルの歴史はグラビティモデルとそれに類する概念の歴史と言って過言ではないほど、グラビティモデルに関するモデル論と応用の研究は数多くの研究者によって広く行われてきた。グラビティモデルは、最初は人の移動を表すのに非常によく適合することが経験的に発見され、ニュートンのグラビティの法則のアナロジーとして用いられた。しかし、この方法は人の動きを集団でとらえ、グラビティの法則にあてはめたものであり、そこには理論的な基礎は存在していなかった。

この古典的なグラビティモデルやそれに類する空間相互作用モデルの理論的基礎を明らかにするため、1960年以降多くの試みが行われてきた。それらを大別すると、確率論や統計論とそのアナロジーに基づくアプローチと経済理論にその基礎をおく効用理論に基づくアプローチの2つに分けることができる²⁵⁾。

最初のアプローチは行動学的な基礎を無視し、行動を行う者よりもむしろ行動そのものに焦点をあてている。これに関しては確率的な概念を応用してグラビティモデルに理論的解釈を与えたIsard²⁶⁾や統計的なメカニズムのアナロジーとエントロピーを応用したWilson²⁷⁾の研究がおそらく最も有名で広く行きわたっているものであろう。しかし、これらのアプローチは、人の行動をマクロな視点でとらえたものであり、行動学的な基礎はない。

2つ目のアプローチは、行動を行う個人に着目したものであり、行動は個人の

それに対する意志決定過程の結果としてみられている。このアプローチに関してよく知られているものに、Niedercorn and Bechdolt²⁸⁾、Beckmann and Wallace²⁹⁾、Golob and Beckmann³⁰⁾等がある。効用最大化に基づくアプローチから得られるモデルには、グラビティモデルのみならず、他のタイプのモデルも含まれている。

グラビティタイプ以外のモデルの1つで、最近特に注目されてきたものに、ランダム効用理論に基づく非集計行動モデルがある。このモデルは、人の行動を選択行動としてとらえ、選択の意志決定に及ぼす要因を用いて計量した効用に基づいて選択行動を表現している。非集計行動モデルは、人の選択行動のミクロ分析手法として評価され、交通計画の分野でよく使われており、確立した方法となっている³¹⁾。

長い歴史の中で作成された人の行動を表現するモデルはいくつかのタイプに分けることができるが、ここでは、本研究の目的を考慮し、都市施設の利用、あるいは単に人の移動を表現するいわゆる空間相互作用モデルの歴史を簡単にふり返る。換言すれば、人の行動には、出発地と目的地間の交通機関の利用や経路選択等の問題が伴うが、これらについては扱わないことにし、人の移動を出発地と目的地間の所要時間や交通費用、および目的地の特性から表現されるモデルの変遷を、モデリングの仮説、アプローチの方法に基づいて分類する。

まず、2. 3. 1では、グラビティモデルを経験則によるアプローチ、IsardとWilsonによるアプローチから概観する。次に、2. 3. 2では、効用理論によるグラビティモデルの導出を中心に、個人行動モデルを概観する。そして、2. 3. 3では、本研究におけるアプローチとその特徴について述べる。

2. 3. 1 経験則、確率論、アナロジーに基づくアプローチ

ここでは、経験則によるグラビティモデルの導出の歴史、および確率論やそのアナロジーに基づくアプローチのうちで、代表的なIsardとWilsonグラビティモデルについて簡単に振り返る。

(1) 経験則に基づくアプローチ³²⁾

経験則に基づく人の行動のモデリングアプローチの歴史は、Isard以前のいわゆる古典的引力モデルの定式化の歴史にほかならない。引力モデルを示す式は数多くあり、種々のタイプのモデルが知られている。引力モデルの最初の提唱者は、

1856年のCareyであった³³⁾。Careyは、ある一定地域に集まった人間集団には吸引力が現れ、その吸引力は人間集団の大きさに比例し、集団間の距離に反比例すると考えた。しかし、Careyは考えを唱えただけであり、定式化を行わなかった³⁴⁾。Ravenstein³⁵⁾は、1889年に、ある地域*i*から別の地域*j*に流入する人の量は、地域間の距離に反比例して減少するという法則をみいだした。Ravensteinもまたこの法則を定式化しなかったが、その後、Carrothers³⁶⁾やIsard³⁷⁾、さらに鈴木³⁸⁾らによって若干異なった式で表現された。Ravensteinのモデルは、人口の移動現象を表現したものであり、本研究で対象としているミクロな視点に比べるとマクロなモデルである。

このようにして、人の行動という視点からみると空間としては広く、時間的には長い期間の中で生じる人口の移動のモデル化に端を発した経験的なモデリングアプローチは、さらに広い範囲で応用されるようになった。例えば、Young³⁹⁾は、地域*i*から地域*j*への人口移動量を地域*j*の吸引力に比例し、地域間の距離の2乗に反比例するモデルを提案した。Reilly⁴⁰⁾は1929年に、地域*i*の周辺地域に及ぼす小売り取引の力は、地域*i*の人口に比例し、地域間の距離に反比例するという小売り引力の法則を提案した。

Stewart⁴¹⁾は、Isardによって人間社会における引力の存在が否定される直前にニュートンの万有引力の法則を基礎として人口間の相互的影響力の大きさを定量的に示すモデルを提唱した。Stewartは地域*i*と地域*j*のそれぞれの人口の間には、人口に比例し、地域間の距離の2乗に反比例する人口学的力が作用していると考えた。このStewartのモデルも直接人の行動を表現したものではなく、間接的に人の移動を説明したモデルとみなすことができる。1950年頃までは、人口の移動や商圏の解析などの目的で引力モデルが経験的に使われてきたが、交通手段に自動車が大きく貢献するようになったこの時期以後には地域間交通量の解析にも種々の引力モデルが提唱され、用いられるようになってきた。

人の行動を経験的にモデル化する方法は、人間社会にも一種の引力が存在するという仮説の上に導きだされた引力モデルを主流として発展してきた。しかしながら、Isardは、約1世紀続いた社会的引力の存在の前提の上に築かれた引力モデルの研究に終止符を打った。この点に着目し、鈴木⁴²⁾は、ある引力モデルが社会的引力の存在を前提として得られたものであるか、あるいはそのような前提を用いないで得られたものであるかによって、モデルを大別している。すなわち、Isardの引力モデルより前に現れた社会的引力の存在を前提とした引力モデルを

古典的引力モデルと呼んだ。

(2) Isardによるアプローチ^{43), 44)}

まず、都市地域を*n*個の地域に分割し、その第*i*番目の地域の内部に居住する1人の人が、第*j*番目の地域に移動する確率 $p(T_{0ij})$ は、都市地域全体の人口を*P*、第*j*地域の人口を*P_j* とすると、 P_j / P で表されると仮定する。また、第*i*地域からいずれの地域に行く場合でも、移動のための費用や時間は必要ないと仮定する。一方、一定期間内に都市地域内で発生する1人あたりの平均移動回数を $Ave(T)$ とする。このとき、第*i*地域の1人の人が第*j*地域に移動する回数 T_{0ij} を次式で仮定した。

$$T_{0ij} = Ave(T) \cdot p(T_{0ij}) = Ave(T) \cdot \frac{P_j}{P} \quad (2-1)$$

したがって、第*i*地域のすべての人が第*j*地域に移動する回数 T_{ij}' は T_{0ij} にこの地域の人口 P_i を乗じれば得られる。

$$T_{ij}' = T_{0ij} \cdot P_i = Ave(T) \cdot \frac{P_i \cdot P_j}{P} \quad (2-2)$$

この T_{ij}' は、地域間の移動費用や移動時間を無視したときの第*i*地域と第*j*地域間の移動回数であるから、実際の移動回数 T_{ij} とは一致しないであろう。

ここで、 T_{ij}' に対する T_{ij} の比率が、地域間の社会的距離（すなわち、移動費用や移動時間で測定された地域間の距離） D_{ij} の関数であるとしたら、次のように表現することができる。

$$\frac{T_{ij}}{T_{ij}'} = f(D_{ij}) \quad (2-3)$$

Isardは経験的にこの $f(D_{ij})$ をパラメータ a 、 b を用いて次のように特定化した。

$$f(D_{ij}) = a \frac{1}{D_{ij}^b} \quad (2-4)$$

以上より、第*i*地域と第*j*地域間の実際の移動回数 T_{ij} は、次のようなグラビティモデルで表されることを導いた。

$$T_{ij} = a \cdot Ave(T) \frac{P_i \cdot P_j}{P \cdot D_{ij}^b} = G \frac{P_i \cdot P_j}{D_{ij}^b} \quad (2-5)$$

ただし、 G : パラメータ

(3) Wilson によるアプローチ⁴⁵⁾

Wilson は、全トリップに必要な総費用を一定の値 C とし、第*i*地域から発生するトリップ数を O_i 、第*j*地域を到着地域とするトリップ数を D_j とするようなトリップの分布状態のうちで、最も出現しやすい状態をエントロピー最大の原理から求めた。すなわち、第*i*地域と第*j*地域間のトリップ数を T_{ij} 、また両地域間の移動費用を c_{ij} とすると、

$$\sum_i \sum_j T_{ij} \cdot c_{ij} = C \quad (2-6)$$

$$\sum_j T_{ij} = O_i \quad (2-7)$$

$$\sum_i T_{ij} = D_j \quad (2-8)$$

で示される条件の下に、トリップ数 T_{ij} は、第*i*地域と第*j*地域間のトリップ数の配分状態の不確実の指標であるエントロピー H が最大になるように、次式で示される p_{ij} が決定されるという原理によって得られる。

$$H = - \sum_i \sum_j p_{ij} \cdot \log p_{ij} \quad (2-9)$$

$$\text{ただし、} p_{ij} = T_{ij} / T \quad (2-10)$$

このようにして得られたモデルは次式で表されるグラビティモデルである。

$$T_{ij} = A_i \cdot B_j \cdot O_i \cdot D_j \frac{1}{\exp(\beta \cdot c_{ij})} \quad (2-11)$$

ただし、

$$A_i = 1 / \sum_j B_j \cdot D_j \frac{1}{\exp(\beta \cdot c_{ij})} \quad (2-12)$$

$$B_j = 1 / \sum_i A_i \cdot O_i \frac{1}{\exp(\beta \cdot c_{ij})} \quad (2-13)$$

β : パラメータ

2. 3. 2 効用理論に基づくアプローチ

モデリングの仮説に、効用最大化仮説という経済理論の1つを応用したアプローチが1960年代にみられるようになった。本研究で提案するモデリングアプローチも、この効用最大化仮説に基づくものであり、ここではこのアプローチに関して述べる。

効用理論に基づく人の行動のモデリング研究の発端の1つに、Lancaster⁴⁶⁾があげられる。彼は、1966年に、消費者行動を効用最大化の仮説からモデル化する方法を提案している。Lancasterの研究は方法論だけであり、具体的な行動モデルの関数形は示されていなかったものの、この研究の流れのきっかけをつくることに大きく貢献したといえる。その後、Niedercorn and Bechdolt⁴⁷⁾、Beckmann and Wallace⁴⁸⁾、Golob and Beckmann⁴⁹⁾、Choukroun⁵⁰⁾等の研究が続いた。彼らの研究は、古典的なグラビティモデルやそれに類する空間相互作用モデルの理論的基礎を明らかにすることを目的として開始されたが、効用最大化に基づくアプローチから、グラビティモデルのみならず、他のタイプのモデルも導かれている。

以下では、人の行動のモデル化において効用理論に基づくアプローチに分類される研究成果の中から、Niedercorn and Bechdoltの研究、Beckmann and Wallaceの研究、Golob and Beckmannの研究、およびChoukrounの研究の成果を概説し、その後、効用理論に基づくアプローチの位置づけを明確にするためにCesario and Smithの研究を参考にして、他の個人の行動モデルとの比較を行う。そして、最後にわが国における効用理論に基づく個人行動モデル研究と適用例について述べる。

(1) Niedercorn and Bechdoltのアプローチ⁵¹⁾

Niedercorn and Bechdoltのアプローチによるグラビティの法則の導出では、効用理論の枠組みの中で、経験則に基づくグラビティモデルに欠けていた経済的な基礎理論を提供している。

まず、一般形であるが、人や物の移動を対象にしているが人の移動で説明する。モデリングの前提として、次のような仮説をおいている。

- ① 終点(目的地) j に1人の人がおり、起点(居住地) i の1人の人がそこで何かを行うことによって得られる効用 U_{0ij} は、彼の i, j 間の移動回数 T_{ij} の関数である。
 - ② すべての目的地で得られる効用 U_{0i} は、個々の目的地 j での効用 U_{0ij} の和である。すなわち、目的地に関して加法性が成り立つ。
 - ③ 目的地に、人口 P_j がいるとすると、そこで得られる効用は人口に比例する。
- 以上より、起点 i にいる1人の個人が、人口が P_j の目的地ゾーンに T_{ij} のトリップを行ったときの総効用は、次式で表される。

$$U_i = a \sum_j P_j \cdot U_{0ij} = a \sum_j P_j \cdot f(T_{ij}) \quad (2-14)$$

上式において、 a はパラメータ、関数 $f(\cdot)$ は限界効用が逓減する単調増加関数である。

これに対し、制約条件として、移動に伴う総費用の制約と総所要時間の制約を考慮している。つまり、居住地 i の個人のもつ総予算を M_i 、総自由時間を H_i 、また、居住地 i と目的地 j 間の距離を d_{ij} 、単位移動に要する費用を r 、移動の平均速度を s とすると次のような制約条件式で表現することができる。

$$r \sum_j d_{ij} \cdot T_{ij} \leq M_i \quad (2-15)$$

$$(1/s) \sum_j d_{ij} \cdot T_{ij} \leq H_i \quad (2-16)$$

次に、効用関数の特定化を行い、具体的な行動モデルを導いている。このときの制約条件には、一般式における2つ制約条件のうち、総費用の制約のみを考慮している。現実問題として、効用関数に非線形関数を仮定し、同時に2つの制約条件を考慮すると問題が解析的に解けなくなる。以下では、効用関数に移動回数の対数関数を仮定した場合と移動回数のべき乗関数を仮定した場合に導かれるモデルを示す。

<効用関数に移動回数の対数関数を仮定>

効用関数に次のような、移動回数の対数関数を仮定する。

$$f(T_{ij}) = \log(T_{ij}) \quad (2-17)$$

上式を式(2-14)に代入し、式(2-15)に示す総費用の制約条件の下で、総効用を最大化させる T_{ij} を求めると、次式のようなシンプルなグラビティタイプのモデルが得られる。

$$T_{ij} = \frac{M_i}{r} \cdot \frac{P_j}{\sum_j P_j} \cdot \frac{1}{d_{ij}} \quad (2-18)$$

<効用関数に移動回数のべき乗関数を仮定>

効用関数に次のような、移動回数のべき乗関数を仮定する。

$$f(T_{ij}) = T_{ij}^b \quad (2-19)$$

ただし、 b : パラメータ ($0 < b < 1$)

先ほどと同様に、総費用の制約条件の下で、総効用を最大化させる T_{ij} を求めると、次に示すようなグラビティタイプのモデルが得られる。

$$T_{ij} = \frac{M_i}{r} \cdot \frac{P_j^{[1/(1-b)]}}{\sum_j \frac{P_j^{[1/(1-b)]}}{d_{ij}^{[b/(1-b)]}}} \cdot \frac{1}{d_{ij}^{[1/(1-b)]}} \quad (2-20)$$

現実社会での人の行動には総費用の制約と総所要時間の制約が伴うが、ここで提案されたモデルでは、これらを同時に考慮していない。そこで、彼らは、モデルを実際に適用する際に、以下のような前提をおくことによって問題を処理することができるかと述べている。

高所得層の人：都市内（短距離トリップ）では時間制約

都市間（長距離トリップ）では予算制約

低所得層の人：都市内（短距離トリップ）では予算制約

都市間（長距離トリップ）では予算制約

このような前提にたてば、分析対象にあわせて制約条件をとり込むことができる。

Niedercorn and Bechdoltの研究では、空間相互作用のいわゆるグラビティモデルをこれまでの不明瞭で、適切ではない前提（社会物理学の概念）ではなく、効用最大化という経済的な原理によって理論的に導びいている。そして、ある期間における出発地からある目的地までのトリップ回数は、適切な制約条件のもとで個人の移動による効用を最大とするような回数として求められることを示した。

(2) Beckmann and Wallaceのアプローチ⁵²⁾

Beckmann and Wallaceの研究の主目的は、交通施設の整備状況が変化したときに消費者がうける便益を計測するためのモデルを考案することであった。すなわち、交通条件が変化したら、消費者は自分の効用を最大にするように、「居住地を変える。」「交通経路、交通機関等を変える。」といった行動を起こすが、この行動を予測するためのモデルを提案する試みがなされた。

モデルの基礎となっているメカニズムは、個人は代替案の属性に着目して、そ

れらを評価し、最も効用が高いもの、あるいは負効用が小さいものを選ぶということである。居住地を変える者の行動のモデルとして、居住地 i の属性 r を a_{ir} 、属性 r に対する限界効用を u_r 、居住地 i から勤務地 k までの移動によりに受ける負効用を t_{ik} とすると、居住地 i に住み、勤務地 k に通勤する個人の効用 u_{ik} は、

$$u_{ik} = \sum_r \{u_r \cdot a_{ir} - t_{ik}\} \quad (2-21)$$

で表すことができ、個人の居住地 i から勤務地 k への移動者数を x_{ik} とし、すべての人の効用 U を最大化するような問題を考えると、次のように定式化することができる。

$$\text{Max } U = \sum_i \sum_k \left[\sum_r \{u_r \cdot a_{ir} - t_{ik}\} \cdot x_{ik} \right] \quad (2-22)$$

$$\text{s. t. } q_k = \sum_i x_{ik} \quad (2-23)$$

$$h_i = \sum_k x_{ik} \quad (2-24)$$

ただし、 q_k 、 h_i は、勤務地 k での雇用数、および居住地 i での住宅供給可能数である。

Beckmann and Wallaceの研究では、効用理論に基づくアプローチについて言及されているものの、具体的な関数形を仮定し、行動モデルを導く段階まで至っていない。ここで定式化された問題において、 u_r 、 a_{ir} 、 t_{ik} をそのまま変数、あるいは何かの関数であっても x_{ik} の関数でないと考えれば、線形計画問題となる。

(3) Golob and Beckmannのアプローチ⁵³⁾

Golob and Beckmannは、個人の行動を予測できるモデルを効用理論によるアプローチから導く方法を示している。ここでは、個人の行動の決定レベルでの一般的な効用最大化モデルが、トリップにおける移動の属性である費用と便益に関

する基礎的な仮説に基づいて導かれる。そして、予測を行うという目的から、効用関数の形を特定化し、いくつかの交通需要関数を導いている。

まず、一般の効用モデルとして、効用 U を行動目的 p に関する達成度 z_p と交通負担に関わる属性 r の消費量 y_r の関数として、次のように表現している。

$$U = U(z_1, z_2, \dots, z_p, \dots, y_1, y_2, \dots, y_r, \dots) \quad (2-25)$$

ここで、 z_p 、 y_r を次のような線形式で表すと

$$z_p = \sum_k \sum_m \alpha_{kp} \cdot x_{km} \quad (2-26)$$

$$y_r = \sum_k \sum_m \beta_{kmr} \cdot x_{km} \quad (2-27)$$

これより、効用関数は、次のように表される。

$$\therefore U = U(\dots, \sum_k \sum_m \alpha_{kp} \cdot x_{km}, \dots, \dots, \sum_k \sum_m \beta_{kmr} \cdot x_{km}, \dots) \quad (2-28)$$

ただし、 U : 純効用
 z_p : 行動目的 p に関する達成度
 y_r : 交通負担に関わる属性 r の消費量
 x_{km} : 目的地 k に交通手段 m で行くトリップ数
 α_{kp} : 行動目的 p に関して目的地 k での達成度
 β_{kmr} : 交通機関 m で目的地 k に行くときの属性 r の消費量（例えば、費用、時間）

トリップ数 x_{km} は、いろいろな目的地で達成される目的に基づいて効用を生じ

させ、時間や費用の消費、また不快による負効用を生み出す。純効用は、この効用と負効用の要素に対し分離できると仮定し、純効用は、効用と負効用の差で定義している。

次に、効用関数の特定化とモデルの導出を行っているが、そのうちの 2 例について述べる。

<純効用 U は、行動目的 p に関する達成度 z_p に比例し、目的を達成したら一定になると仮定>

純効用 U は、次の式で表されるように、行動目的 p に関する達成度 z_p に比例して増加し、目的を達成したら一定となると仮定すると、

$$\frac{\partial U}{\partial z_p} = \begin{cases} w_p = \text{一定} & \dots \text{ if } z_p \leq \sigma_p \\ 0 & \dots \text{ if } z_p > \sigma_p \end{cases} \quad (2-29)$$

ただし、 σ_p : 目的達成の条件

効用最大化問題は、

$$\text{Max}_p \quad \sum_p v_p + \sum_k \sum_m \sum_r \beta_{kmr} \cdot x_{km} \quad (2-30)$$

$$\text{ただし、} v_p \leq \sigma_p \cdot w_p \quad (2-31)$$

$$v_p \leq \sum_k \sum_m \alpha_{kp} \cdot x_{km} \quad (2-32)$$

となり、線形計画問題となる。

<分離可能なべき乗関数を仮定>

次に、効用関数に、分離可能なべき乗関数を仮定すると、

$$\text{Max} \quad U = \sum_k w_k \cdot x_{ik}^\omega - \sum_k c_{ik} \cdot x_{ik} \quad (2-33)$$

ただし、 ω : パラメータ ($0 < \omega < 1$)

c_{ik} : i k 間の移動に伴う一般化費用

w_k : 目的地 k での目的達成度

U を x_{ik} で微分し、0 とおいて解くと、

$$\therefore x_{ik} = (\omega w_k / c_{ik})^{1/(1-\omega)} \quad (2-34)$$

このように簡単なグラビティモデルが得られる。

Golob and Beckmannは、彼らの研究の結論で次のように述べている。効用によるアプローチは広い範囲の関数を用いることができるという点において柔軟性をもっている。また、このアプローチのもう1つの利点は、それを例えば、交通の経路選択、居住地選択といった行動モデルにも応用できることである。さらに、効用の枠組みは、交通施設整備による、多くの立地点の居住者に対する便益の評価にも用いることができる。

(4) Choukrounのアプローチ⁵⁴⁾

Choukrounは、効用理論に基づいて多項モデルを導出するフレームワークを提案している。

モデリングにおける消費者行動の仮定は、以下のようなものである。

- ① 消費者の総トリップ回数はある値に固定する。
- ② 行動に伴う総費用の制約がある。
- ③ トリップから得られる総効用は効用関数で表せる。

また、効用関数の特定化においては、以下のような仮定をおいている。

- ① 総効用 U は、地点 i j 間の総トリップから得られる効用 U_{ij} の和である。
- ② 地点 i j 間のトリップから得られる効用 U_{ij} は、1つのトリップから得られる効用 f_{ij} と i j 間のトリップ回数 T_{ij} の積で与えられる。
- ③ 地点 i j 間の1つのトリップから得られる効用 f_{ij} は、 i j 間のトリップ回数 T_{ij} の関数 $f(T_{ij})$ で表される。

④ 地点 i j 間の1つのトリップから得られる効用は、 i j 間のトリップ回数の減少関数である。

⑤ 地点 i j 間の1つのトリップから得られる効用は、負の値である。

以上の5つの仮定から効用関数は次のように表現できる。

$$U = \sum_i \sum_j T_{ij} \cdot f_{ij} = \sum_i \sum_j T_{ij} \cdot f(T_{ij}) \quad (2-35)$$

さらに、6番目として次の仮定をおく。

⑥ 個人は最初から総トリップ数 T を知っているとする。

さて個人は、行動の決定過程において総トリップ数 T を各 i j 間のトリップに振り分け、それによって i j 間の効用を予想している。ところが彼の実際の行動は、予想していたそれとは異なり、より効用の大きいものとなっている。そして、個人はその差で表される効用を利得として得たことになる。Choukrounは、消費者の総トリップ回数が与えられ、行動に伴う総費用が制約されたという条件で、この差が最大になるように、個人は行動をしていると仮定し、定式化を行っている。

具体的な効用関数として、次のような対数関数を仮定し、式(2-37)と(2-38)の制約条件の下で、効用関数を最大化することによって、行動モデルを導いている。

$$U = - \sum_i \sum_j T_{ij} \cdot \{ \log T_{ij} - \log (T \cdot p_i \cdot q_j) \} \quad (2-36)$$

$$s. \quad t. \quad \sum_i \sum_j T_{ij} = T \quad (2-37)$$

$$\sum_i \sum_j c_{ij} \cdot T_{ij} \leq C \quad (2-38)$$

ただし、 c_{ij} : 地点 i j 間のトリップに要する費用

C : 個人のもつ予算

$$p_i = \sum_j T_{ij} / T \quad (2-39)$$

$$q_j = \sum_i T_{ij} / T \quad (2-40)$$

得られたモデルは、次の式で示される対数関数型のグラビティタイプのモデルである。

$$T_{ij} = \alpha \cdot p_i \cdot q_j \cdot \exp(-\beta c_{ij}) \quad (2-41)$$

$$\alpha = \frac{T}{\sum_i \sum_j p_i \cdot q_j \cdot \exp(-\beta c_{ij})} \quad (2-42)$$

$$\beta = T \cdot \frac{\sum_i \sum_j c_{ij} \cdot p_i \cdot q_j \cdot \exp(-\beta c_{ij})}{\sum_i \sum_j p_i \cdot q_j \cdot \exp(-\beta c_{ij})} \quad (2-43)$$

Choukrounのアプローチにおける個人の行動の仮説には、消費者の総トリップ回数はある値に固定し、効用関数特定化においては、予期したものと現実を比較して行動を決定しているが、この比較が行動を行う前に可能であるかという点で無理があるように思われる。

(5) Cesario and Smithの研究⁵⁵⁾

ここで、効用理論に基づくアプローチの位置づけを明確にするためにCesario and Smithの研究を参考にして、他の個人の行動モデルとの比較を行う。

個人の空間相互作用パターンをモデル化するために一般的に用いられた仮説は大きく2つのタイプに分類することができる。1つは、Niedercorn and Bechdolt⁵⁶⁾、Golob and Beckmann⁵⁷⁾やGolob, Gustafson and Beckmann⁵⁸⁾らの研究によって例示された効用最大化の仮説である。他の1つは、Stopher and Lisco⁵⁹⁾、Stopher and Lavender⁶⁰⁾、さらにTalvitie⁶¹⁾らによって研究されたロジットモデルやプロビットモデルで例示されるような単純な確率論に基づく仮説である。

これら2つのアプローチは仮説が可能な範囲における両極端に位置するものと

みることができる。効用最大化の仮説は、行動原理を明確に表現しているのに対し、確率論に基づく仮説は行動の基本的な前提に関して一般的な枠組みをもっていない。実際、確率論的な仮説は、個人の選択行動の観測が分析に用いられたという意味で行動的であるということができる。他の見方をすると、効用最大化の仮説は空間での行動（相互作用）の決定は、多くの組織的な要素で高度に構造化された中で行われている一方、確率論的な仮説は、全くその逆である。

2つのアプローチは、それぞれ異なったタイプの空間における行動のモデル化に適切に用いることができる。すなわち、それらは行動の目的、動機、さらには行動が任意に行われるのか、あるいは必然的に行われるのかなどによって特徴づけられる。例えば、毎年のパケーションを何処で過ごすかといった家庭での決定は、いくつかの案について注意深い比較検討が行われることになろうから、効用最大化の枠組みの中でモデル化するのが適切であると考えられる。一方、急に時間ができて、それを公園で過ごそうか、あるいは映画を見に行こうかといった突然の動機によって行動を行うような場合の行動の選択を行うときに十分な比較ができないときの行動のモデル化には単純な確率的な仮説が適切であろう。

Cesario and Smithは、空間行動はこれら2つの両極端のどちらかではなく、その間にあって、効用の算出が適切でないが、しかしまた確率論的な考えに基づく行動仮説よりもよりうまく行動を表現することのできる構造が存在すると考えた。実際、ほとんどの空間相互作用問題は2つの両極端の間に位置づけられる。この点においてIsard⁶²⁾とSmith⁶³⁾の空間割引仮説は、一般的な効用最大化仮説を簡素化する試みとみることができ、さらに両極端のモデルの間に向かっていく方法であろう。

空間行動はいろいろな状況の中で行われており、これまでに述べた仮説はそれぞれの場合場合についてうまく適応できると考えられる。すなわち、おのおのの仮説は、行動のシナリオ、すなわち模範を表したものであり、一方で行動に対する試験的なモデルを作り出せるのに十分シンプルであり、また一方で、ある限られた範囲の空間行動を正確に表現するのに十分なほど詳細である。

これまでに述べてきた行動の仮説は個人の行動に焦点をあてた空間相互作用のミクロ理論である。マクロモデルの開発に焦点をあてた初期の空間相互作用の研究、すなわち大きなグループの行動パターンの経験的な法則を見つけ出すことによって導かれた記述的なモデルを作成することにおいては、このような考慮がほとんどなされていなかったことを考えると、トリップが発生する決定過程におけ

る重要な要素についてさらに掘り下げるために個人の行動に焦点をあてたことは大きな意味をもっている。

さらに、Smith⁶⁴⁾ は効用理論に基づく個人の行動モデルの開発における行動の選好における距離の効果について言及している。これに関して最も簡単なアプローチは距離の影響を全く考えない方法であり、Niedercorn and Bechdolt⁶⁵⁾、Choukroun⁶⁶⁾、さらに Golob, Gustafson and Beckmann⁶⁷⁾ らのアプローチがそれに相当する。これらのアプローチでは、個人の行動の選好は、行動機会の非空間的な特性によって決定され、距離の効果は旅行が可能な範囲を規定することによって考慮している。ゆえに、このアプローチにおいては個人の行動の決定仮定は空間的な制約のもとで非空間的要素からなる効用関数の最大化ということで特徴づけられる。

しかしながら、これらのアプローチは簡潔さという点において明示的で分析的な利点を有している一方、さまざまな状況（条件）にある行動をモデル化するためには適切であるとは言いがたい。例えば、短距離トリップに対する長距離トリップの疲労効果は与えられた機会に対して行動を行う者の喜びを減らすように作用する。したがって、個人の行動のモデル化においては、生じる相互作用とそれに関連するトリップとの相互の関係を明確に認識する必要がある。すなわち、モデル化の前提と実際にモデルを適用する際の現場との関係をはっきりさせておく必要がある。

これに対して、Smith⁶⁸⁾ は、距離依存性のある効用関数を導く行動選好に関する1つの理論を考えた。要約すれば、この理論は、行動主体は暗示的に（無意識の内に）予期できる行動機会で、その機会を得るまでの旅行距離に関して割り引き（discount）を行っていると仮定している。行動機会を i とし、 i までの（ i を得るための）移動距離を d_i とすると、行動主体は、行動の選好において、距離を d_i からいくらか割り引いて $\alpha(d_i)$ としていると仮定している。ここで関数 $\alpha(\cdot)$ は、正の非増加関数であり、これを spatial discount function（空間的な割り引き関数）と名付けている。この空間における割り引きの考えは、従来の研究をみると決して新しいものではなく、広い見方をすれば、これは経済学における時間割り引き理論の空間版と考えることができる。行動選好に対する Smith の研究の空間的な割り引きアプローチは、経済学における割引の概念の個人の行動による主観的な割り引き行動への拡張とみることができる。

（6）わが国における効用理論に基づく個人行動モデルの研究と適用例

わが国における効用理論に基づく個人行動モデルの理論的研究には、グラビティモデルの意味を明らかにすることを目的に、効用理論に基づきその理論的な導出方法に対するコメントを行い、エントロピーモデルと効用理論の関係等に言及した論文⁶⁹⁾ がみられるものの、ほとんど成果がなく、どちらかと言えば、これまでに述べてきた欧米での成果を応用した研究例が多い。応用例では、経験則に基づくグラビティモデルやエントロピー最大化モデル等が多く用いられているが、実際の適用段階では、集計的なモデルとして使われることがほとんどであり、これらの研究に関しては、ここではとりあげないことにする。最近では、いわゆる非集計モデルとよばれるモデル、すなわち個人行動をランダム効用理論から定式化し、そこから導かれたロジットモデルやプロビットモデルが、交通計画における交通行動の分析や予測をはじめ、買物行動における買物先や交通手段、住宅選択行動の分析や予測、さらには工業立地の予測といった土地利用モデルにまで適用されている⁷⁰⁾。

2. 3. 3 本研究におけるアプローチとその特徴

本研究では、2つの個人の行動モデルを提案する。それらはともに効用理論に基づくアプローチによって得られるものであるが、異なった行動仮説を採用しているため、すなわち、モデリングの前提である効用関数と行動の制約条件が異なっているため、2種類の行動モデルが導かれている。しかしながら、行動における効用最大化仮説によって得られた2つのモデルは、広義には、ともにグラビティモデルとみることができる。

第5章で提案する、効用最大化による都市公共施設の利用行動モデル⁷¹⁾ は、個人のもつすべての自由時間と予算から施設の利用によって失われる時間と費用を減じて残った自由時間と予算、および施設の利用から得られる価値の対数線形和で仮定される効用関数を制約条件なしで最大化することによって導かれる行動モデルである。得られたモデルは、ある地域 i に住む人によって都市公共施設 j が利用される回数は、施設の利用価値の大きさに比例し、施設までの費用と時間からなる一般化費用に反比例する構造をもっており、広義のグラビティモデルとみることができる。

式（2-44）に、都市公共施設の利用行動の定式化を示す。

$$U_i = \alpha \log(I - \sum_j n_{ij} \cdot c_{ij}) + \beta \log(T - \sum_j n_{ij} \cdot t_{ij}) + \gamma \sum_j z_j \cdot \log(1 + n_{ij}) \quad (2-44)$$

ただし、 U_i : ある期間において、居住地 i に住む個人がすべての都市公共施設の利用から得られる効用

n_{ij} : 居住地 i に住む個人がある期間内に都市公共施設 j を利用する回数

c_{ij} : 1回の施設利用に対する居住地 i から施設 j までの往復の交通費用と利用料金の和

t_{ij} : 1回の施設利用に対する居住地 i から施設 j までの往復の所要時間と利用時間の和

z_j : 施設 j を1回利用するときの利用価値

I : 個人のある期間の所得

T : 個人のある期間の自由時間

α, β, γ : パラメータ ($\alpha, \beta, \gamma \geq 0$)

式(2-44)をテイラー展開して近似式とし、制約条件なしで、効用を最大化する都市施設の利用回数を求めると式(2-45)の行動モデルが得られる。

$$n_{ij} = \frac{\gamma z_j}{\frac{\alpha}{I} c_{ij} + \frac{\beta}{T} t_{ij}} - 1 \quad (2-45)$$

また、第6章で提案する、効用最大化による商業施設の利用行動モデル⁷²⁾は、消費者の商業施設の利用回数の γ 乗 ($0 < \gamma < 1$) と商業施設の魅力度の積で仮定される効用関数を、施設利用行動で消費する総所要時間が、個人が商業施設の利用に使うことのできる自由時間以下であるという制約条件のもとで最大化することによって導かれる行動モデルである。得られたモデルは、ある地域 i に住む人が商業施設 j を利用する回数は、個人の自由時間と商業施設の魅力度の大きさの β 乗 ($1 < \beta$) の積に比例し、商業施設までの所要時間の β 乗に反比例しており、古典的なグラビティモデルと同じような構造をもっている。

式(2-46)と(2-47)に、消費者の商業施設の利用行動を定式化する。

$$\text{Max } U_i = \sum_j z_j \cdot n_{ij}^\gamma \quad (2-46)$$

$$\text{s.t. } \sum_j t_{ij} \cdot n_{ij} \leq T \quad (2-47)$$

ただし、 U_i : ある期間において、居住地 i に住む消費者がすべての商業施設の利用から得られる効用

z_j : 商業施設 j の魅力度

n_{ij} : 居住地 i に住む消費者がある期間内に商業施設 j を利用する回数

t_{ij} : 居住地 i から商業施設 j までの時間距離

T : 個人のある期間の自由時間

γ : パラメータ ($1 > \gamma > 0$)

この効用最大化問題を解くと、式(2-48)に掲げるグラビティタイプの行動モデルが得られる。

$$n_{ij} = \frac{T \cdot z_j^\beta}{K_i \cdot t_{ij}^\beta} = \frac{T \cdot W_j}{K_i \cdot t_{ij}^\beta} \quad (2-48)$$

ただし、 $\beta = 1/(1-\gamma)$ ($\beta > 1$)

$$W_j = z_j^\beta \quad (2-49)$$

$$K_i = \sum_k (z_k^\beta / t_{ik}^{\beta-1}) \quad (2-50)$$

本研究では、個人の行動モデルを効用理論に基づいて導出しているが、ここで

これまで述べてきたモデル論の整理を行うとともに、効用理論によるモデルの内容を明らかにするため、古典的グラビティモデルと効用理論による行動モデルのそれぞれの特徴をまとめる。

<古典的グラビティモデルの特徴>

- ① モデルの理論的な基礎がない。
- ② 経験的なモデルである。
- ③ 行動をエンピリカルに記述している。
- ④ マクロ視点で行動をとらえている。
- ⑤ 集計データを取り扱っており、データが入手しやすい。
- ⑥ 現象をよく説明できる。

<効用理論による行動モデル>

- ① モデルに理論的基礎がある。
- ② 推論的なモデルである。
- ③ 行動のきっかけ（意志決定過程）を記述している。
- ④ ミクロな視点で行動をとらえている。
- ⑤ 個人のデータが基本であるが、集計したデータでも使用できる。

次に、本研究で提案する、効用最大化による都市公共施設の利用行動モデルと効用最大化による商業施設の利用行動モデルは、それぞれ第5章と第6章で詳しく説明を行うが、ここでは先に概観した従来の効用理論に基づくモデルのうち、具体的な効用関数を示しているものとの比較を行い、提案するモデルの特徴を明らかにする。モデルの比較は表2-4および表2-5を用いて行う。

まず、都市公共施設の利用行動モデルでは、式(2-44)に示したような対数線形関数の効用関数を仮定している。この効用関数は、ある期間において個人が都市公共施設の利用から得られる効用は、総自由時間から施設の利用に使われる時間を減じた残りの時間、同様に総予算から施設の利用に使われる費用を減じた残りの予算、および施設の利用回数からなる3つの要素から構成されると仮定し、それらの対数線形和から効用を計量しようとするものである。個人の効用を表現する関数としては論理的であり、効用関数から計量される値は、効用の増加とともに増加する性質をもっており、非常にわかりやすい。また、この効用関数

表2-4 効用理論に基づく従来の個人行動モデルと本研究で提案するモデルとの比較(その1)

モデル		Niedercorn and Bechdolt (その1)	Niedercorn and Bechdolt (その2)	Beckmann and Wallace	Golob and Beckmann (その1)
効用関数	関数形	非線形(対数)	非線形(べき乗)	線形	線形
	変数	回数	○	○	○
		時間	×	×	×
		費用	×	×	×
	その他	目的地の人口	目的地の人口	居住地の属性	目的地での行動目的達成度
個人の総効用		移動回数の対数と目的地の人口の積和	移動回数のべき乗と目的地の人口の積和	居住地での効用と移動による負効用との差と移動回数の積和	目的達成度と交通負担との差
制約条件		総予算	総予算	居住地と目的地における移動の総量	目的達成度
モデルタイプ		グラビティモデル(移動回数は、距離に反比例)	グラビティモデル(移動回数は、距離のべき乗に反比例)	線形モデル	線形モデル
備考		制約条件は総自由時間でも可	制約条件は総自由時間でも可	居住地選択の個人行動モデルとして定式化	

表 2-5 効用理論に基づく従来の個人行動モデルと本研究で提案するモデルとの比較 (その 2)

モデル		Golob and Beckmann (その 2)	Choukroun	本 研 究 (都市公共施設の 利用行動モデル)	本 研 究 (商業施設の利用 行動モデル)
効 用 関 数	関数形	非線形 (べき乗)	非線形 (対数)	非線形 (対数)	非線形 (べき乗)
	変 回数	○	○	○	○
	時 間	一般化費用として	×	○	×
	費 用	同時に考慮	×	○	×
	数 その他	目的地での行動目的達成度		施設の利用価値	商業施設の魅力度
数 個人 の 総 効 用		目的達成度による効用と移動の一般化費用による負効用の差	現実の移動回数と予期される移動回数との違いによる効用	行動した後の予算と自由時間、施設の利用価値の対数線形和	商業施設の利用回数のべき乗とその施設の魅力度の積和
制 約 条 件		な し	総 予 算 総 移 動 量	な し	総自由時間
モデルタイプ		グラビティモデル (移動回数は、距離のべき乗に反比例)	グラビティモデル (移動回数は、費用の指数に反比例)	グラビティモデル (移動回数は、費用と時間に反比例)	グラビティモデル (移動回数は、時間のべき乗に反比例)
備 考				都市公共施設の需要構造の推定に応用	商業施設への需要の推定に応用

は利用回数に対して上に凸な関数であり、極大値をもっているため制約条件をもたずに、効用関数を最大にする施設の利用回数を求めることができる。制約条件をもたないという点からみると、このモデルは、Golob and Beckmann (その 2) のモデルと同じタイプであるが、効用関数の中に、都市公共施設の利用に関する費用と時間を明確にとり込んでいるところに特徴がある。

次に、効用最大化による商業施設の利用行動モデルでは、効用関数として式 (2-46)、制約条件として式 (2-47) を仮定し、商業施設の利用行動を定式化している。そして、式 (2-46) で表される効用を最大化することによって商業施設の利用回数を導いている。このモデルのアプローチは、Niedercorn and Bechdolt のアプローチと同じであり、効用関数には空間的な要素を考慮せず、消費者の効用は商業施設の魅力度と利用回数にのみ依存しているとし、空間的な要素は制約条件の中で考慮している。Niedercorn and Bechdolt のアプローチと本研究のアプローチの違いは、消費者の効用に現実の行動を直接反映させ、よりわかりやすく表現した点である。すなわち、Niedercorn and Bechdolt のモデルにおける効用関数は、人を引きつける力の変数として目的地の人口を用いており、消費者が得る効用を計量するための変数としては、若干あいまいさがあったが、本研究では商業施設の魅力度という変数を用いることによって、より明快な効用関数を提案している。この魅力度に関しては第 6 章でさらに詳しく述べる。

2. 4 結 語

本章では、本研究でとり扱う人の意識と行動のモデルについて、特にモデリングアプローチの面から従来の研究を概観した。そして、本研究で提案するモデルの位置づけを行なうとともにその特徴を述べた。

まず最初に、2. 2 では、都市施設評価のための人の意識のモデル化に関して従来の研究を整理し、本研究で提案するアプローチの特徴を述べた。その内容は次のようにまとめられる。

- ① 人の意識のモデル化を、本研究との関連から、都市施設の評価を行なうことを目的としたモデルに限定して従来の研究を概観したところ、それらは都市施設を含む都市環境の評価意識構造モデルと都市施設の整備水準と評価意識構造を構成する要素の関係を表現した評価モデルの 2 種類に大別することができた。

② 本研究で提案する都市施設の整備水準の評価モデルに関しては、わが国では1960年代の末から研究が行なわれ、現在も続けられているものの、その実際への適用においていくつかの問題点があることがわかった。

③ 本研究で提案する満足度意識に基づく都市施設の評価モデルは論理的であるとともに、現実問題への適用が容易であるといった特徴をもっていることを述べた。

④ 本研究では、効率性と公平性意識のモデル化の方法を提案し、それによって作成したモデルを都市施設の評価に適用するため、この分野に関する従来の研究をふり返ってみたが、方法論、適用例ともに十分な成果はみられなかった。

次に、2.3では、モデリングの前提やモデルの導出過程に基づいて従来の研究で提案されている人の行動モデルを分類した。まず、経験則、確率論、アナロジーに基づくアプローチによって従来のモデルを整理するとともにモデリングの歴史についてもふり返った。次に、本研究で提案するモデルの基礎となる効用理論に基づくアプローチを用いている従来の研究を整理し、その中で本研究のアプローチの特徴を述べた。その内容は次のようにまとめられる。

① 人の行動のモデル化とそのアプローチに関する研究は、100年以上の長い歴史をもっていることがわかった。初期の頃、人の行動はニュートンのグラビティの法則によくあっていることが経験的に発見され、その後グラビティの法則を応用した多くのモデルが提案されてきた。これらのモデルは経験則に基づくアプローチとして位置づけられる。

② 経験的なモデルは現象をうまく説明できるが理論的な背景がなかったため、グラビティモデルを理論的に導く研究が1960年代の後半から行なわれた。その初期の研究における代表的なものは、Isardの確率的なアプローチによるものと、Wilsonのエントロピーのアナロジーによるものであった。

③ 効用理論に基づく人の行動のモデリングアプローチをNiedercorn and Bechdolt、Beckmann and Wallace、Golob and Beckmann、Choukroun、さらに、Cesario and Smithらの研究を中心に概観したところ、Niedercorn and BechdoltやBeckmann and Wallaceらは効用理論に基づいて人の行動をモデル化し、グラビティモデルを理論的に導く研究で大きな成果をあげたことがわかった。さらに、効用理論に基づいて個人の行動をモデル化した成果の中には、得られたモデルの構造が必ずしもグラビティタイプのモデルにならないようなモデルも、Beckmann and WallaceやGolob and Beckmannらの研究で導かれ

ていることもわかった。

④ 本研究では、個人の行動を効用理論に基づいてモデル化するアプローチをとっており、提案する2つのモデルは従来の研究の流れを受けながら、都市施設の利用という具体的な枠組みの中で行動をモデル化するものであり、モデリングアプローチが明快であり、理論的な基礎をもつグラビティモデルであるといった特徴をもつことを述べた。

[第2章 参考文献]

- 1) 川瀬光一：都市計画における住民意識研究，都市計画，No. 72，pp.13～26，1972.
- 2) 宮嶋勝：公共計画の評価と決定理論，企画センター，pp.167～194，1983.
- 3) 上掲 1)
- 4) 梶秀樹：住民意識よりみた生活環境整備の方法に関する研究，都市計画，No. 69，pp.19～33，1971.
- 5) 枝村，中村：都市環境と住民意識，都市計画学術研究発表会論文集，第6号，pp.165～170，1971.
- 6) 吉川，細見：都市開発のための生活環境の総合評価手法に関する基礎的研究，土木学会論文報告集，第204号，pp.107～119，1972.
- 7) 定井，近藤，渡辺：「住みよさ」の計量的評価方法の開発，環境情報科学，第13巻，1号，pp.47～50，1984.
- 8) 青山，近藤：都市生活環境に対する住民意識構造のGMDHによる推定，都市計画学術研究論文集，第19号，pp.307～312，1984.
- 9) 上掲 2)
- 10) Atkinson, A. B. : On the measurement of inequality, Journal of Economic Theory, 2, pp.244～263. 1970.
- 11) 例えば，P. A. Samuelson: Economics, McGraw-Hill, 1980.
- 12) 上掲 4)
- 13) 上掲 7)
- 14) 近藤，青山，多智花：生活環境施設の目標整備水準の設定方法の研究，都市計画学術研究論文集，第19号，pp.421～426，1984.
- 15) 上掲 4)
- 16) 上掲 7)
- 17) 定井，増田：「住みよさ」からみた都市施設整備事業計画の合理化に関する研究，都市計画論文集，第23号，pp.181～186，1988.
- 18) 高橋，須田：生活環境施設整備水準と住民意識，土木計画学研究・講演集，No. 6，pp.255～260，1984.
- 19) 天野，青山，三木：住民と生活環境に対する満足度の研究，都市計画学術研究発表会論文集，第6号，pp.153～158，1971.
- 20) 小沢紀美子：児童公園の住民評価にもとづく配分計画モデルの開発，都市計画学術研究発表会論文集，第9号，pp.193～198，1974.
- 21) 青山，近藤：都市公共施設の最適誘致距離の設定方法，都市計画学術研究論文集，第21号，pp.295～300，1986.
- 22) 青山吉隆：公共サービス施設の評価と需要予測の方法に関する研究，都市計画学術研究発表会論文集，第8号，pp.129～134，1973.
- 23) 天本，樗木，吉武：最近隣施設のみに対する便益を考慮した施設の配置について，土木学会第43回年次学術講演会講演概要集，第4部，pp.158～159，1988.
- 24) 青山，近藤：地域格差を考慮した都市の生活環境施設の評価方法に関する基礎的研究，都市計画学術研究論文集，第20号，pp.193～198，1985.
- 25) Choukroun, J. M. : A General Framework for the Development of Gravity-Type Trip Distribution Models, Regional Science and Urban Economics, Vol. 5, pp.177～202, 1975.
- 26) Isard, W. : Methods of Regional Analysis, An Introduction to Regional Science, Cambridge, Massachusetts, M. I. T. Press, 1960.
- 27) Wilson, A. G. : Entropy in Urban and Regional Modelling, Monographs in Spatial and Environmental Systems Analysis, No. 1, Pion, London, 1970.
- 28) Niedercorn, J. H. and B. V. Bechdolt, Jr. : An Economic Derivation of the 'Gravity Law' of Spatial Interaction, Journal of Regional Science, Vol. 9, No. 2, pp.273～282, 1969.
- 29) Beckmann, M. and J. P. Wallace : Evaluation of User Benefit Arising from Changes in Transportation Systems, Transportation Science, 3, No. 4, pp.344～351, 1969.
- 30) Golob, T. and M. Beckmann: A Utility Model for Travel Forecasting, Transportation Science, 5, No. 1, pp.79～90, 1971.
- 31) 土木学会編：非集計行動モデルの理論と実際，第15回土木学会講習会テキスト，1984.
- 32) 鈴木啓祐：空間人口学（下），大明堂，pp.398～418，1980.

- 33) Carey, H. C. : Principles of Social Science, J. B. Lippincott, 1858.
- 34) Carrothers, G. A. P. : An Historical Review of the Gravity and Potential Concepts of Human Interaction, Journal of the American Institute of Planners, Vol. 22, No. 2, 1956.
- 35) Ravenstein, E. G. : The Laws of Migration, Journal of the Royal Statistical Society, Vol. 52, Part 2, 1889.
- 36) 上掲 34)
- 37) Isard, W. : Location and Space Economy, Cambridge, Massachusetts, The Technology Press of Massachusetts Institute of Technology, 1956.
- 38) 鈴木啓祐 : 物資輸送量の計測と予測, 東京, 交通日本社, 1969.
- 39) Young, E. C. : The Movement of Farm Population, Cornell Agricultural Experiment Station, Bulletin, 426, Ithaca, Cornell Agricultural Experiment Station, 1924.
- 40) Reilly, W. J. : The Law of Retail Gravitation, New York Knickerbocker, 1931.
- 41) Stewart, J. Q. : Empirical Mathematical Rules Concerning the Distribution and Equilibrium of Population, Geographical Review, Vol. 37, 1947.
- 42) 上掲 32)
- 43) 上掲 26)
- 44) 上掲 32)
- 45) 上掲 27)
- 46) Lancaster, K. J. : A New Approach to Consumer Theory, Journal of Political Economy, Vol. 74, pp.132~157, 1966.
- 47) 上掲 28)
- 48) 上掲 29)
- 49) 上掲 30)
- 50) 上掲 25)
- 51) 上掲 28)
- 52) 上掲 29)

- 53) 上掲 30)
- 54) 上掲 25)
- 55) Cesario, F. J. and T. E. Smith: Directions for Future Research in Spatial Interaction Modeling, Papers of the Regional Science Association, Vol. 35, pp.57~72, 1975.
- 56) 上掲 28)
- 57) 上掲 30)
- 58) Golob, T., R. Gustafson and M. Beckmann: An Economic Utility Approach to Spatial Interaction, Papers of the Regional Science Association, Vol. 30, pp.159~182, 1973.
- 59) Stopher, P. and T. Lisco: Modeling Travel Demand, A Disaggregate Behavioral Approach: Issues and Applications, Papers and Proceedings, Transportation Research Forum, pp.195~214, 1970.
- 60) Stopher, P. and J. Lavender: Disaggregate Travel Demand Models: Empirical Tests of Three Hypotheses, Papers and Proceedings, Transportation Research Forum, pp.321~336, 1972.
- 61) Talvitie, A. : A Comparison of Probabilistic Modal-Choice Models: Estimation Methods and System Inputs, Highway Research Board Record, No. 392, pp.147~160, 1972.
- 62) Isard, W. : A Simple Rationale for Gravity Model Type Behavior, Papers of the Regional Science Association, Vol. 35, 1975.
- 63) Smith, T. E. : An Axiomatic Theory of Spatial Discounting Behavior, Papers of the Regional Science Association, Vol. 35, pp.31~44, 1975.
- 64) 上掲 63)
- 65) 上掲 28)
- 66) 上掲 25)
- 67) 上掲 58)
- 68) 上掲 63)
- 69) 小出治 : 空間移動モデルと消費者行動理論, 都市計画学術研究発表会論文集,

No. 11, pp. 289~294, 1976.

70) 上掲 31)

71) 青山, 近藤: 効用最大化による都市施設の利用行動理論に関する基礎的研究, 土木学会論文集, 第377号/IV-6, pp. 89~96, 1987.

72) 青山, 近藤: 買物行動モデルと商圈の理論的研究, 地域学研究, 第17巻, pp. 55~69, 1987.

第 3 章 都市施設に対する満足度意識のモデル化とその応用

3. 1 概 説

都市施設は住民へのサービスを目的としており、施設整備は住民ニーズを基本的条件として行われなければならない。そこで、施設の整備水準とそれに対する住民の満足度の関係をモデル化しておけば、施設整備計画に住民ニーズを容易に導入することができる。このような背景から、本章では、施設の整備水準と住民意識の関係をモデル化し、それを応用して具体的に望まれる施設整備水準について考察を行う。

まず最初に、3. 2では、本研究の視点および従来の研究との関連について述べる。次に、3. 3では、都市施設に対する住民の満足度意識のモデル化の方法について述べ、続いて施設の整備量に対する満足率モデルと施設の配置に対する満足率モデルを作成する。3. 4では、3. 3で作成した施設の整備量に対する満足率モデルのキャリブレーションを行い、得られたモデルを用いて都市施設整備における具体的な目標水準を設定する。また、3. 5では、3. 4と同様、3. 3で作成した施設の配置に対する満足率モデルのキャリブレーションを行い、得られたモデルを用いて都市施設整備における具体的な誘致距離を設定する。最後に、3. 6では、本章で得られた成果をまとめる。

3. 2 本研究の視点および従来の研究との関連

都市施設の整備水準と住民ニーズを対応させることにより施設の整備水準を設定する方法は従来の研究にもみられるが^{1), 2)}、本研究では、施設の整備状態に対する住民の満足度を簡潔でわかりやすく表現でき、容易に操作できるモデルを作成すること、さらに施設の整備状態に対する住民の評価は個人によって異なっており、どの程度の人を満足させられるかという問題が同時に存在するため、確率論的な面からこの問題を検討することを1つのねらいとしている。

施設の整備量に対する満足率モデルで施設の整備量を表現するための尺度として用いる施設整備指標は、施設の整備水準の測定道具であるとともに、都市環境を住民を主体として評価することを目的として、住民にわかりやすいものを作成する。すなわち、整備指標は施設整備の変化を物理的に測定できるものとし、各

施設に対する需要も考慮できるものとする。さらに、簡単な方法で整備状況が計測でき、計測された数値から現実の整備状況をイメージできるものを設定する。施設整備指標についての調査や報告は従来からよく行われており、昭和40年代の後半にはOECDが社会指標(Social Concerns)に関する調査を開始し、1973年には中間報告として生活環境の構成要素を分類した³⁾。翌年の1974年にはわが国においても国民生活審議会が社会指標体系の調査研究の中間報告を行っている⁴⁾。その後、国民生活審議会生活の質委員会は1979年に社会指標体系を作成し⁵⁾、また、総理府統計局では1976年に社会生活統計指標が作成され⁶⁾、活用されている。昭和50年代以後には、地方自治体でも各都市の特徴を生かした指標が作成され、生活環境の評価や施設の整備水準の測定に用いられている。最近でも、都市の生活環境の改善は社会問題の1つであり、多くの都市では過去の事例を参考にしつつ、自らの都市にあった方法を取り入れ、この問題の解決に力を注いでいる。

次に、都市公共施設を空間に配置する場合、施設の誘致距離をいかに定めるかは都市計画上の重要なテーマの1つである。例えば、公園の配置計画において従来から用いられている誘致距離は、その公園を利用する人を誘致できると考えられる最大距離であり、児童公園では250m、近隣公園では500m、また地区公園では1,000mがその標準の値として都市計画法に定められている⁷⁾。しかしながら、都市公共施設の誘致距離内に居住するすべての人がその施設の利用に満足しているとは限らないだろうから、施設によって誘致距離はある一定の値が定められているものの、その距離に対してどの程度の人を誘致できるかという問題が存在する。

都市施設の配置問題や施設の利用者の居住地から施設までの距離と利用との関係を取り扱った研究はいくつか報告されている。例えば、青山⁸⁾は、施設の利用は利用者が施設から受ける価値と施設に到達するために失う価値の比較から説明できるとし、需要予測を行い、さらに施設の最適配置モデルを提案している。小沢⁹⁾は、児童公園を対象として需要予測モデルを作成し、その後、公園建設のための利用可能な土地面積や環境を考慮した公園面積の配分モデルを作成している。腰塚¹⁰⁾は、人口分布パターンから施設までの距離を表現し、距離に関する施設のサービス状態を明らかにした。また、腰塚¹¹⁾は、公園や緑地の総面積が決まっている場合、利用者と施設との間の距離を考慮してそれを分割し、配分する方法を論じている。さらに、腰塚¹²⁾は、都市施設の分析をするとき、基本的な

重要なデータは何かを明らかにすることを目的として、都市施設の密度と利用者からの距離の関係を分析している。誘致距離を取り扱った研究に福富¹³⁾がある。福富らは児童公園を対象にして、その内側に来園児童の80%が含まれるような距離を用いて誘致距離を提案している。これに対し、桂¹⁴⁾は児童の公園利用実態から、公園の利用率は利用者本人あるいは友人の家を拠点とした場合に、拠点と公園の間の距離に依存するとし、両者の関係から誘致距離を考察している。これらの誘致距離に関する研究は公園の利用調査に基づいたものである。

本研究では、住民の意識に基づいて施設の配置を評価し、誘致距離を設定するためのモデル、すなわち誘致距離が定められた場合どの程度の人がその配置に満足するかを推定することのできるモデルを作成する。さらに、誘致距離は従来公園の配置計画に用いられているが、この概念を他の都市施設にも適用し、住民の満足度からみた場合どの程度の誘致距離が望まれているのかを考察する。

3.3 都市施設に対する満足度意識のモデル化

3.3.1 満足度意識のモデル化

個人*i*は、施設*k*の整備に対し、これ以上なら満足できるというある一定の整備水準をもってると仮定する。この水準を満足水準 Y_{ik} とし、 Y_{ik} の値が大きいほど満足水準が高いとすると、現実の施設の整備状態を表す変数 X_k との間に次のような関係が成立する。

$X_k \geq Y_{ik}$: 個人*i*は施設*k*の整備に満足である。

$X_k < Y_{ik}$: 個人*i*は施設*k*の整備に不満である。

ところで、満足水準 Y_{ik} は、個人によって異なっており、ある平均値と分散をもつ確率変数であると考えることができる。そこで、満足水準 Y_{ik} の分布を関数 $f(Y_k)$ で表すと、 $f(Y_k)$ は確率密度関数となり、施設の整備状態が X_k であるときに満足する住民の割合、すなわち満足率 $P(X_k)$ は、式(3-1)で表すことができる。

$$P(X_k) = \int_{-\infty}^{X_k} f(Y_k) dY_k \quad (3-1)$$

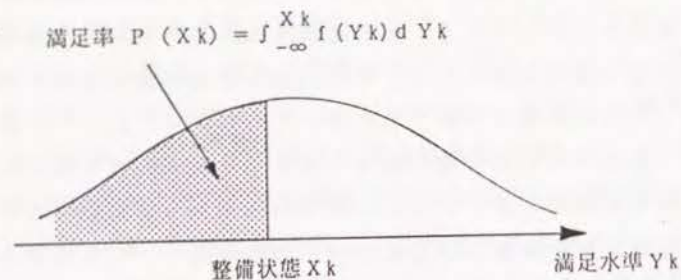


図 3-1 都市施設の整備状態と住民の満足率の関係

ただし、 $\int_{-\infty}^{\infty} f(Y_k) dY_k = 1$

式(3-1)において、施設の整備状態 X_k は、非負の値をとる。一方、満足水準 Y_k は一般的には非負の値をとると考えられるものの、施設が存在していなくてもなんら不満を感じない人がいることも考えられることから、このような人の満足水準には負の値を与えることにする。このように考えると、この式(3-1)の関係は図3-1のように描くことができる。

ここで、施設 k に対する満足水準 Y_k の確率密度関数 $f(Y_k)$ が推定できれば、式(3-1)から施設の整備状態 X_k に対する満足率 $P(X_k)$ を算出することができる。

3. 3. 2 施設の整備量に対する満足率モデル¹⁵⁾

ここでは、施設の整備量と住民の満足率の関係をモデル化する。以下では、簡単のために、施設に関する添字 k は省略する。そして、施設の量は広がりをもった圏域、すなわちゾーン単位でとり扱うことにし、ゾーン j における施設の整備量を X_j とする。式(3-1)から、ゾーン j において、施設の整備量 X_j に対する住民の満足率 $P(X_j)$ は、次式で表される。

$$P(X_j) = \int_{-\infty}^{X_j} f_1(Y) dY \quad (3-2)$$

ただし、 $\int_{-\infty}^{\infty} f_1(Y) dY = 1$

式(3-2)における $f_1(Y)$ は、施設の整備量に対する住民の満足水準 Y の確率密度関数である。

ここで、満足水準 Y の確率密度関数 $f_1(Y)$ を平均値 M と標準偏差 S をもつ正規分布と仮定すると、満足率 $P(X_j)$ は、

$$P(X_j) = \int_{-\infty}^{X_j} \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} \exp\left[-\frac{(Y-M)^2}{2S^2}\right] dY \quad (3-3)$$

と表される。

満足水準 Y に対して標準化を行い、標準正規分布に変換する。

$$P(X_j) = \int_{-\infty}^{(X_j-M)/S} \phi(z) dz \quad (3-4)$$

ただし、 $z = (Y-M)/S$

$$\phi(z) = (1/\sqrt{2\pi}) \cdot \exp(-z^2/2)$$

式(3-4)より、ゾーン j における施設の整備量 X_j に対する住民の満足率 $P(X_j)$ に相当する正規確率変数を標準正規分布関数より z_j として求めると、 z_j は式(3-5)のように与えられる。

$$z_j = \frac{X_j}{S} - \frac{M}{S} \quad (3-5)$$

以上の関係は図3-2のように描くことができる。

ところで、施設の整備量は種々の方法で測定することが可能であることから、

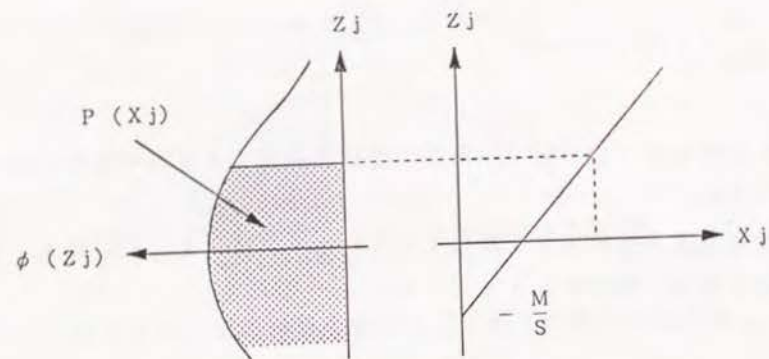


図 3-2 都市施設の整備量と住民の満足率の関係

ゾーン j における施設の整備量 X_j をいくつかの測定値の合成変量として次のように表す。

$$X_j = g(x_j(1), x_j(2), \dots, x_j(m)) \quad (3-6)$$

この $x_j(1), x_j(2), \dots$ は都市施設の整備状態の具体的な計測指標であり、施設整備指標とよぶ。

本研究では、施設整備指標はゾーンの人口と面積に対する施設の物理的な量で表す。この人口と面積は施設の供給量に対する需要量を表すものとみることができ、このように人口と面積を需要の指標として用いた理由は都市内のゾーンは種々の条件をもっており、人口が同じでも面積が異なる場合や人口が異なっても面積が等しい場合があり、人口と面積の両方を需要の指標として考慮することが必要であると考えたからである。これ以外にも、整備量を測定する指標が考えられるが、測定方法が簡単であるこの2つを用いる。

次に、式 (3-6) の関数形 $g(\cdot)$ に線形関数 (3-7) と対数関数 (3-8) の2種類を設定する。

$$X_j = a_1 \cdot x_j(1) + a_2 \cdot x_j(2) \quad (3-7)$$

$$X_j = b_1 \cdot \log(x_j(1) + 1) + b_2 \cdot \log(x_j(2) + 1) \quad (3-8)$$

ただし、 $x_j(1)$: ゾーン j において施設の需要人口に対する施設量

$x_j(2)$: ゾーン j の面積に対する施設量

a_1, a_2, b_1, b_2 : パラメータ

式 (3-7) を式 (3-5) に代入する。

$$z_j = A_0 + A_1 \cdot x_j(1) + A_2 \cdot x_j(2) \quad (3-9)$$

ただし、 $A_0 = -M/S$, $A_1 = a_1/S$, $A_2 = a_2/S$

式 (3-8) を式 (3-5) に代入する。

$$z_j = B_0 + B_1 \cdot \log(x_j(1) + 1) + B_2 \cdot \log(x_j(2) + 1) \quad (3-10)$$

ただし、 $B_0 = -M/S$, $B_1 = b_1/S$, $B_2 = b_2/S$

結局、施設の整備水準と満足率の関係は式 (3-9)、(3-10) で表すことができた。

3. 3. 3 施設の配置に対する満足率モデル¹⁶⁾

住民が都市施設を利用する場合には、施設に到達するために施設までの距離を克服しなければならない。したがって、施設が配置されるとき、住民はある距離以内にその施設を配置して欲しいと望む距離をもっていると考えられる。ここでは、その距離を満足距離と定義する。

施設 k に対し、個人 i がもつ満足距離を w_{ik} とする。この満足距離 w_{ik} は個人によって異なり、 w_{ik} から一意的に施設の配置、すなわち誘致距離を定めることは困難である。そこで、満足距離は個人が異なった値をもつ確率変数と考え、確率密度関数 $f_2(w_k)$ に従うと仮定する。そうすると、施設からの距離が x_k の地点に居住する住民のうち、満足距離 w_{ik} が x_k より長い人が満足することになる。

これは、3. 3. 1 で説明した整備状態に相当する施設までの距離 x_k が短く

なれば、整備が良くなる場合であり、整備状態を表す変数 x_k の値が大きくなれば整備が良くなることを意味する式 (3-1) と逆の関係になる。したがって、ここでも施設に関する添字 k を省略すれば、施設からの距離が x の地点に居住する住民が施設の配置に満足する比率を $P(x)$ とすると、 $P(x)$ は満足距離の確率密度関数 $f_2(w)$ を用いて、次の式で表すことができる。

$$P(x) = \int_x^{\infty} f_2(w) dw \quad (3-11)$$

$$\text{ただし、} \int_0^{\infty} f_2(w) dw = 1$$

以上の関係は図 3-3 のように描くことができる。

ところで、誘致距離を s とすると、1つの施設の利用圏は半径 s の円形地域となる。施設から任意の距離 x ($0 \leq x \leq s$) に住む住民のうち、施設に満足する比率は $P(x)$ であるから、人口密度 ρ を一定とすると、利用圏に住むすべての人のうちその施設に満足する住民の比率 $Q(s)$ は、図 3-4 において底面が施設から半径 s の円で高さが ρ の円柱に対する各点において高さが $\rho P(x)$ に相当するテント状の立体の体積となり、次の式で求めることができる。

$$Q(s) = \frac{\int_0^s \rho \cdot 2\pi x \cdot P(x) dx}{\rho \pi s^2}$$

$$= \frac{2 \cdot \int_0^s x \cdot P(x) dx}{s^2} \quad (3-12)$$

このようにして、利用圏内の施設に満足する人の比率 $Q(s)$ を求めることができる。以下では、この比率 $Q(s)$ を誘致距離 s に対する住民の満足率、または単に満足率とよぶ。

次に、式 (3-11) で仮定した満足距離 w の分布形を推定する。満足距離の分

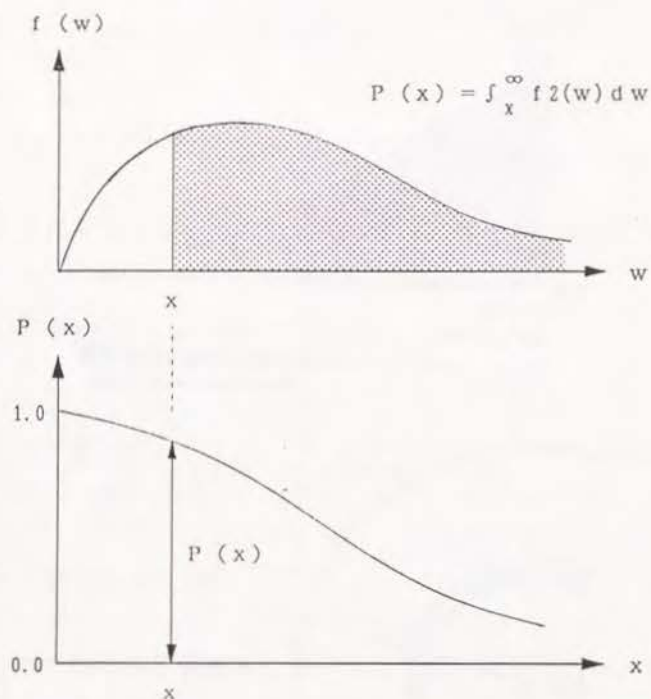


図 3-3 都市施設の配置と住民の満足率の関係

布を表す関数形の仮定は、公園や観光地からの距離帯別の利用率に関する従来の文献、資料^{17), 18), 19)}を参考にして、次の前提条件により行った。①満足距離 w は、 $w \geq 0$ であり、図 3-3 に示すように確率密度関数 $f_2(w)$ は最大値をもつ。② $f_2(w)$ は、 $w = 0$ から w の増加とともに単調増加する。そして、その最大値を越えると、ゆるやかに減少し、右側にスノの長い分布となる。③満足距離 w が x より長い確率 $P(x)$ は、 x の増加に対し、単調減少する。そして、 x のある範囲で急激に減少した後、減少の度合はゆるやかになる。すなわち、 $P(x)$ は変曲点をもつ。さらに、④満足距離の分布形を推定する目的をもつプロセスにおいて採用すべき関数形は、実際のデータを用いてキャリブレーションが可能なものでなければならない。このような条件を満たす関数として次の式 (3-13) に示すワイブル分布関数を仮定した。

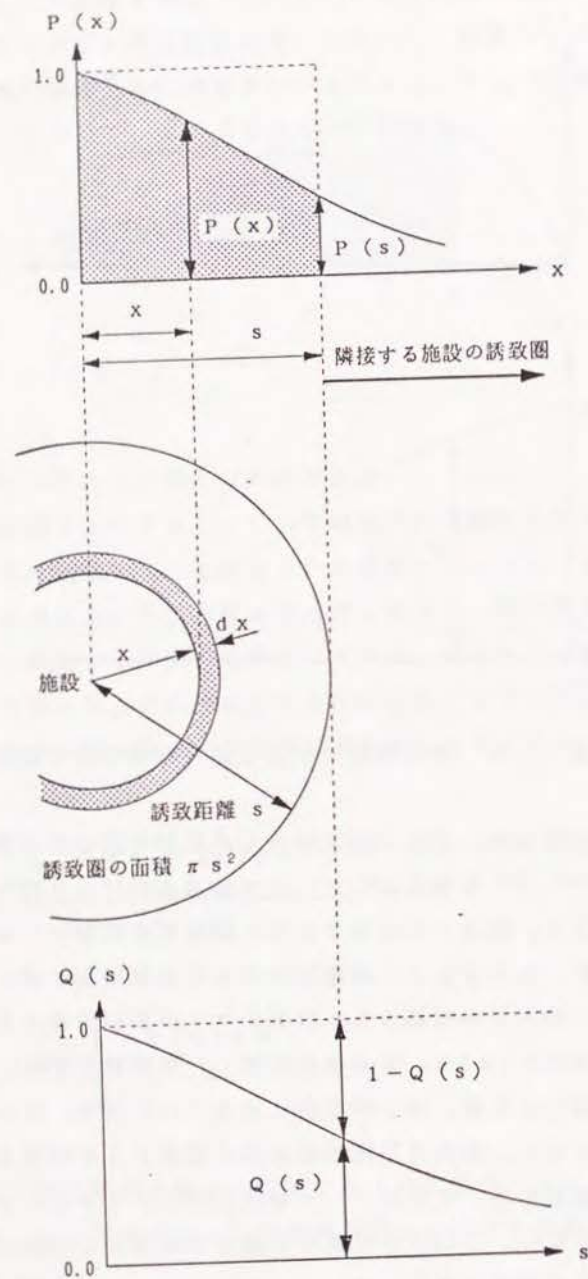


図 3-4 都市施設の配置と住民の満足率のモデル

$$f_2(w) = \frac{2}{\alpha} w \exp(-w^2/\alpha) \quad (3-13)$$

ただし、 α : パラメータ

式 (3-13) を式 (3-11) に代入して、式 (3-14) を得る。

$$\begin{aligned} P(x) &= \int_x^\infty f_2(w) dw \\ &= \int_x^\infty \frac{2}{\alpha} w \exp(-w^2/\alpha) dw \\ &= \exp(-x^2/\alpha) \end{aligned} \quad (3-14)$$

これより、都市内に誘致距離 s に基づいて施設が配置されたときの都市全体における施設利用の満足率 $Q(s)$ は式 (3-12) に式 (3-14) を代入して導かれる次の式 (3-15) で算出することができる。

$$\begin{aligned} Q(s) &= \frac{2 \int_0^s x \cdot \exp(-x^2/\alpha) dx}{s^2} \\ &= \frac{\alpha}{s^2} \{1 - \exp(-s^2/\alpha)\} \end{aligned} \quad (3-15)$$

3. 4 都市の生活環境施設の整備量に対する満足率モデルの推定と応用²⁸⁾

本節では、3. 3. 2 で提案した式 (3-9)、(3-10) で表される施設の整備量に対する満足率モデルの実証分析を徳島市を対象として行う。まず、施

施設の整備状態に対する住民の満足度調査データにより満足率モデルを推定し、それを用いて徳島市の施設の整備状態を評価するとともに整備計画における目標整備水準を提案する。

3. 4. 1 モデルのキャリブレーション

(1) 生活環境施設の整備指標

まず、従来の研究成果^{21)・22)}を参考にして、表3-1に示すような8つの生活環境施設を分析例の対象としてとりあげた。そして、3. 3. 2で述べた理由により、人口と面積を需要の指標として考慮したX1とX2で示す施設整備指標を作成した。

施設整備の規模や質的水準も指標としてももちろん重要であるが、同じ施設であれば施設間に大きな規模の変化がみられないこと、回帰分析の結果規模や質的水準はかなりの施設において住民の満足率にあまり影響を与えないと判断されたこと、また、回帰式の独立変数として2つ以上の指標を同時に用いると任意の満足率を与えるのに必要な各施設の量と質を一意的に算定できないという実用上の理由から、本研究では規模や質的水準に関する指標を除いている。

(2) 施設整備に関する住民の満足度調査²³⁾

徳島市全域を行政区（ほぼ小学校区に一致）にあわせて23ゾーンに分割し、ゾーンを基本単位として住民意識調査を行った。調査方法は訪問留置-訪問回収

表3-1 生活環境施設の整備指標

施 設		施 設 整 備 指 標	
		X1	X2
安全	警察署所	警察署所数/人口	警察署所数/面積
	消防車	消防車台数/人口	消防車台数/面積
健康	病院	病院数/人口	病院数/面積
	診療所	診療所数/人口	診療所数/面積
社会福祉	保育所	保育所数/人口	保育所数/面積
余暇	住区基幹公園	公園面積/人口	公園面積/面積
教育文化	幼稚園	幼稚園数/幼児数	幼稚園数/面積
	校舎面積/児童数	校舎面積/児童数	校舎面積/面積
	小学校	非木造校舎面積/児童数	非木造校舎面積/面積

(注) 人口：ゾーンの人口、面積：ゾーンの面積

方式を採用し、配布数2,000に対し有効回収数1,843、有効回収率92.2%を得た。調査内容は、表3-1に示した施設の整備状況に対する満足度意識を5つのカテゴリーで回答する方法で行った。意識調査で得られた施設の整備状況に対する、1.十分に満足、2.どちらかといえば満足、3.普通、4.どちらかといえば不満、5.不満の5段階評価のうち、1.十分に満足、2.どちらかといえば満足、3.普通、を満足と考え、各ゾーンにおける全サンプル数に占めるこれら3つのカテゴリーに反応したサンプル数の割合を満足率としてパラメータを推定する。

(3) パラメータの推定結果

回帰分析においては、徳島市の23ゾーンを、人口、産業、土地利用、施設の整備状況などに関するデータを用いて主成分分析を行い、商業・業務活動が盛んで、人口密度が高い中心市街地11ゾーンと第1次産業が卓越し、人口密度が低く、施設整備が遅れている周辺部12ゾーンの2つの地域に分類した。これは、対象地域は中心部はゾーンの面積が比較的小さく、商業・業務活動が卓越したゾーンから形成されるが、周辺部ではゾーンの面積が広く、第1次産業の土地利用がゾーン面積の大部分を占めるゾーンが存在しており、すべてのゾーンを同じ満足水準の分布をもつ住民によって構成された同質なサンプルとして扱うことに若干無理があると考えられるからである。

式(3-9)と式(3-10)におけるパラメータA0、A1、A2、およびB0、B1、B2の推定では符号の意味や有意性を考慮した結果、説明変数が1つとなる回帰式も得られた。推定した回帰式のうち重相関係数が比較的高いものを中心市街地ゾーンを対象とした場合と周辺部ゾーンを対象にした場合に分けて、表3-2、表3-3に示す。表の各回帰式の説明変数X1、X2には各ゾーンにおいて表3-1に示したように施設の数と必要人口と面積で割った値を代入した。

地域別の回帰式を比較すると中心市街地ゾーンで人口に対する施設量を表す指標に大きな係数が、逆に周辺部ゾーンで面積に対する施設量を表す指標に大きな係数が得られた。これは、中心市街地ゾーンでは人口密度が高く、周辺部ゾーンでは人口密度が低く、面積が大きいためと考えられる。

推定された回帰式は、各ゾーンにおける施設の量とそれに対する満足率の関係を表すが、説明変数の分母に相当する人口、面積が異なるため、施設の量と満足率の関係は当然のことながら同じではない。

表 3-2 中心市街地ゾーンを対象としたときの施設整備量の満足率モデル

施 設	推 定 さ れ た 回 帰 式	重相関係数
警 察 署 所	$Z = 0.257 + 0.245 \log(X2+1)$	0.733
幼 稚 園	$Z = 0.331 + 0.388 \log(X2+1)$	0.750
小 学 校 校 舎 面 積	$Z = -1.578 + 0.809 \log(X1+1) + 0.442 \log(X2+1)$	0.676
小学校非木造校舎面積	$Z = -1.458 + 0.864 \log(X1+1) + 0.390 \log(X2+1)$	0.718

表 3-3 周辺部ゾーンを対象としたときの施設整備量の満足率モデル

施 設	推 定 さ れ た 回 帰 式	重相関係数
警 察 署 所	$Z = 0.271 + 0.0981X1 + 0.107X22$	0.676
消 防 車	$Z = -0.254 + 0.344 \log(X1+1) + 0.522 \log(X2+1)$	0.721
病 院	$Z = 0.117 + 1.786 \log(X2+1)$	0.911
診 療 所	$Z = -0.330 + 0.447 \log(X1+1) + 0.315 \log(X2+1)$	0.818
住 区 基 幹 公 園	$Z = -1.060 + 0.753X1 + 0.186X2$	0.946
幼 稚 園	$Z = -0.231 + 0.177 \log(X1+1) + 0.718 \log(X2+1)$	0.693

3. 4. 2 目標整備水準の設定

施設整備の計画目標は種々の面から検討を行わなければならないが、ここではこれまでに得られた施設の整備水準と満足率の関係から満足率が80%に相当する整備水準を目標整備水準として設定する。

この前提にしたがって、各施設の目標整備水準を23ゾーンについて算出した結果を表3-4に示す。設定された目標整備水準と現状の値を比較すると周辺部のゾーンにおいて病院、診療所の整備がさらに必要であること、また住区基幹公園の整備も遅れていることがわかる。

ここでは、1つの目標整備水準を設定したが、この値に基づいて現在の施設整備の問題点を明らかにすることもできた。

3. 5 都市の生活環境施設の配置に対する満足率モデルの推定と応用²⁴⁾

本節では、3. 3. 3で提案した式(3-14)で表される施設の配置に対する満足率モデルの実証分析を徳島市を対象として行う。まず、住民の満足距離の

表 3-4 徳島市における施設の目標整備水準の提案

ソ ン	小 学 校 非 木 造 校 舎 面 積 (X100㎡)	小 学 校 校 舎 面 積 (X100㎡)	幼稚園数 (箇所)	住 区 基 幹 公 園 面 積 (X100㎡)	保育所数 (箇所)	診療所数 (箇所)	病 院 数 (箇所)	消防車数 (台)	警察署所数 (箇所)	ソ ン
	目標	現状	目標	現状	目標	現状	目標	現状	目標	
町 和 田 内 昭 東 富 田 西 富 田 新 佐 古 加 茂 北 東 州 田	22	47	0.5	2	0.8	6.3	0.7	1.5	3.2	中心市街地ゾーン
八 加 茂 名 動 神 内 占 多 家 良 上 八 万 田 府 上 北 井 上	31	39	0.5	1	1.0	2.4	0.8	2	3.3	周辺部ゾーン
	19	52	0.2	1	0.4	4.2	0.4	1	1.4	
	9	0	0.1	0	0.3	1.1	0.3	1	0.5	
	10	36	0.2	1	0.3	1.6	0.2	1	0.4	
	30	55	0.3	2	0.6	3.7	0.5	5	1.0	
	61	57	1.6	1	3.0	5	2.5	4	5.4	
	45	104	0.7	3	1.4	3.4	1.2	4	2.7	
	47	79	0.8	2	1.6	2.3	1.3	1.5	4.0	
	45	27	1.2	1	2.3	2	1.9	1	3.2	
	51	50	0.8	2	1.8	1.1	1.5	1.5	3.2	
	104	104	1.8	3	4.1	2.9	4.3	1.2	3.2	
	51	57	1.8	2	4.5	2.8	4.5	1.2	3.3	
	24	24	1.0	1	4.1	1	4.3	0.4	1.4	
	69	69	1.4	3	4.8	3	4.8	0.7	2.1	
	62	62	2.8	2	10.0	5	9.3	1.3	4.0	
	65	65	2.0	1	6.2	7	6.3	1.0	3.1	
	16	16	1.9	1	7.0	1	7.0	0.8	2.3	
	35	35	1.6	2	5.2	3	5.3	0.7	2.3	
	2	9	0.4	1	1.4	1	1.4	0.3	0.7	
	52	52	1.3	2	3.4	1.3	3.5	0.8	2.2	
	25	25	0.9	1	2.6	2	2.8	0.4	1.4	
	22	22	0.9	1	3.1	2	3.3	0.4	1.2	

表 3-5 施設配置問題において対象とした生活環境施設

安 全	救急車	余 暇	運動施設
	警察署		公園
	消防車		開放運動施設
健 康	病院	教育・文化	図書館
	診療所		博物館
	保育所		公会堂・市民会館
	子供会館・児童館		幼稚園
社 会 福 祉	老人いこいの家	居住 環境	小学校
	児童遊園・児童公園		中学校
			公民館
交通 通信	バス停留所		集会所

調査データにより満足率モデルを推定し、それを用いて施設整備計画における誘致距離を提案する。

3. 5. 1 モデルのキャリブレーション

(1) 施設の配置に対する満足距離の調査²⁵⁾

式(3-14)のパラメータを推定するためには、施設を配置して欲しい距離がx以上である人の比率P(x)に関するデータが必要である。このための調査は、3. 4. 1の(2)の調査と同時に行っており、その概要は先述のとおりである。質問は、表3-5に掲げる施設に対し、「あなたの家からどれ位の距離に施設があればよいと思いますか。」という内容のものである。調査から得られた満足距離とそれに対する住民の満足率、及び平均満足距離を表3-6から表3-8に示す。また、消防車と救急車に対しては満足距離ではなく満足時間、すなわち消防車と救急車が住民の居住地点に何分以内に到着すれば満足かという時間を用いて表現し、満足時間と住民の満足率の関係を表3-9に示す。

(2) パラメータの推定結果

このようにして得られたデータを用いて、式(3-14)のパラメータαを推定し、推定精度をみるために相関係数を求めた。パラメータの推定は、式(3-14)の両辺の対数をとった式(3-16)を用いて行った。

$$\log P(x) = -\frac{1}{\alpha} x^2 \quad (3-16)$$

表 3-6 満足距離と住民の満足率(その1)

施設	設 所	満足距離 (km)											平均満足 距離 (km)
		0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~	
警察署	>	27.0	43.4	18.1	7.0	1.1	3.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	1.72
病	>	100.0	73.0	29.6	11.5	4.5	3.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
診療	>	16.0	47.1	20.4	9.2	2.6	4.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.1	2.01
診療	>	100.0	84.0	36.9	16.5	7.2	4.7	0.7	0.4	0.1	0.1	0.1	
保育	>	29.1	45.1	16.6	6.1	1.5	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.61
保育	>	100.0	70.9	25.9	9.3	3.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
子供会館・児童館	>	29.2	44.7	17.9	6.5	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.58
子供会館・児童館	>	100.0	70.8	26.1	8.2	1.7	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
老人いこいの家	>	14.8	51.6	18.9	9.9	2.0	2.4	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1	1.92
老人いこいの家	>	100.0	85.2	33.6	14.7	4.9	2.9	0.5	0.4	0.1	0.1	0.1	
運動施設	>	14.8	45.7	20.9	9.1	2.4	5.1	0.7	0.8	0.1	0.0	0.4	2.14
運動施設	>	100.0	85.2	39.5	18.6	9.6	7.2	2.0	1.3	0.5	0.4	0.4	
公園	>	6.2	32.8	27.5	16.9	4.9	9.6	0.9	0.6	0.0	0.0	0.6	2.72
公園	>	100.0	93.8	61.0	33.6	16.7	11.8	2.2	1.3	0.6	0.6	0.6	
開放運動施設	>	22.9	51.4	16.2	5.4	1.7	1.7	0.3	0.3	0.0	0.0	0.1	1.70
開放運動施設	>	100.0	77.1	25.7	9.5	4.1	2.4	0.7	0.4	0.1	0.1	0.1	
幼稚園	>	27.7	45.7	17.7	5.9	1.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.63
幼稚園	>	100.0	72.3	26.6	8.9	3.0	2.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
小学校	>	35.6	44.8	13.8	4.6	0.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.42
小学校	>	100.0	64.4	19.7	5.8	1.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
中学校	>	27.0	46.5	19.5	5.7	0.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.59
中学校	>	100.0	73.0	26.6	7.1	1.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
公民館	>	9.9	43.0	30.3	11.0	2.7	2.5	0.2	0.4	0.0	0.0	0.1	2.14
公民館	>	100.0	90.1	47.1	16.8	5.8	3.2	0.7	0.5	0.1	0.1	0.1	
集会所	>	18.5	52.6	19.7	6.7	1.0	1.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	1.74
集会所	>	100.0	81.5	28.9	9.2	2.5	1.5	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	
	>	54.6	36.1	7.8	1.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.07
	>	100.0	45.4	9.3	1.6	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

表3-7 満足距離と住民の満足率(その2)

施設	満足距離 (km)							平均満足 距離 (km)
	0~3	3~6	6~9	9~12	12~15	15~		
図書館	36.3	51.2	3.7	7.0	0.4	1.3		4.1
書庫	100.0	63.7	12.4	8.7	1.7	1.3		
博物館	22.7	49.1	6.1	16.7	0.4	5.0		5.6
博物館	100.0	77.3	28.2	22.1	5.4	5.0		
公会堂・市民会館	28.8	54.2	4.6	9.8	0.3	2.3		4.7
公民館	100.0	71.2	17.9	12.4	2.6	2.3		

表3-8 満足距離と住民の満足率(その3)

施設	満足距離 (m)											平均満足 距離 (m)
	0~200	200~400	400~600	600~800	800~1000	1000~1200	1200~1400	1400~1600	1600~1800	1800~2000	2000~	
児童遊園・公園	10.4	23.3	39.9	1.7	2.0	17.1	0.2	1.9	0.0	0.1	3.3	53.4
公民館	100.0	89.6	55.2	26.3	24.6	22.7	5.6	5.4	3.5	3.3		
バス停留所	27.5	32.5	34.9	1.0	0.6	3.0	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	35.1
公民館	100.0	72.5	39.9	5.0	4.0	3.4	0.4	0.3	0.1	0.1		

表3-9 満足時間と住民の満足率

施設	満足時間 (分)											平均満足 時間 (分)
	0~3	3~6	6~9	9~12	12~15	15~18	18~21	21~24	24~27	27~30	30~	
救急車	2.7	39.9	11.6	29.2	5.2	8.5	2.3	0.2	0.1	0.2	0.2	8.5
消防車	100.0	97.4	57.5	45.9	16.7	11.5	3.0	0.7	0.5	0.4	0.2	
消防車	8.1	69.5	4.3	14.6	0.6	2.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.1	5.7
消防車	100.0	91.9	22.5	18.2	3.6	3.0	0.7	0.1	0.1	0.1	0.1	

ところで、調査から満足距離 w とその頻度分布 $f_2(w)$ が得られているから、適当な距離 x を設定すれば、満足距離が x より長い人の比率 $P(x)$ を算出することができる。ここで、 $Y = \log P(x)$ 、 $X = x^2$ とおくと式(3-16)は $Y = -(1/\alpha)X$ となり、データ Y と X を用いてパラメータ α を推定した。式(3-14)のパラメータが推定されたことにより、誘致距離 s と満足率 $Q(s)$ の関係を得ることができる。これを各施設に対して描いたものが図3-5と図3-6である。図には各施設に対する関数のパラメータ α と相関係数の値とをつけた。

この結果をみるとバス停留所や児童遊園・児童公園といった日常よく使われる施設はかなり近くに設置することが望まれていることがわかる。また、基本的に日常生活圏で設置を検討すべき施設である診療所、公民館、警察署所、子供会館あるいは公園等は、都市全体で80%の人を満足させるためには利用者から1,400~1,500m程度以内に配置すべきであることがわかる。この距離は徒歩や自転車で行ける範囲であり、これらの施設はできる限り交通費用をかけずに利用できる場所に配置して欲しいという要望が現れている。また、消防車と救急車についてみると、消防車であれば約5分以内に、救急車の場合には約6分30秒以内に到着すれば都市全体で80%の人が満足することがわかった。

3.5.2 誘致距離の設定

誘致距離の設定方法として、誘致距離 s とそれに対する都市全体での満足率 $Q(s)$ の関係から誘致距離を提案する。誘致距離を住民が満足に施設を利用できるような施設までの最大距離と考え、施設の利用者は個々に施設を誘致して欲しい距離をもっているため、もし仮りにすべての住民を満足させるように誘致距離を設定しようとするならば、それは非常に短いものとなり、その結果、多くの施設を配置しなければならないという非効率な計画になってしまう。一方、各施設に対してある距離を誘致距離として与えると、それに不満を示す住民が存在することは明らかである。その関係はこれまでの分析で明らかにしたとおりである。

このような前提のもとで、望ましい誘致距離はいかにすべきであるかを考えるとき、何割の住民を満足させるような距離にするかが1つのよりどころとなる。そこで、ここでは満足率 $Q(s)$ が80%程度となるような誘致距離を提案する。この値を表3-10と表3-11に示すが、満足率が80%という値はかなり多くの住民が満足して、施設を利用できる状態とみなすことができ、いわゆるシビ

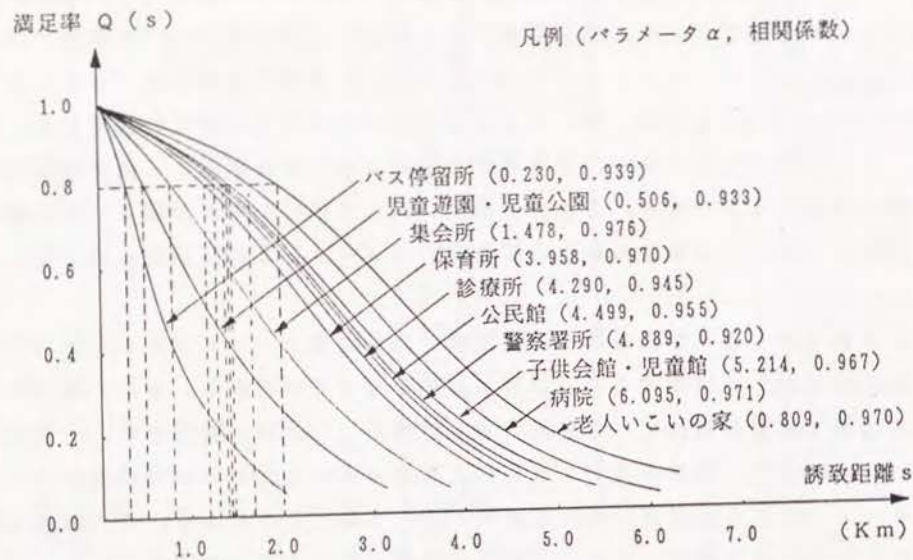


図 3-5 施設の誘致距離と満足率のモデル (その 1)

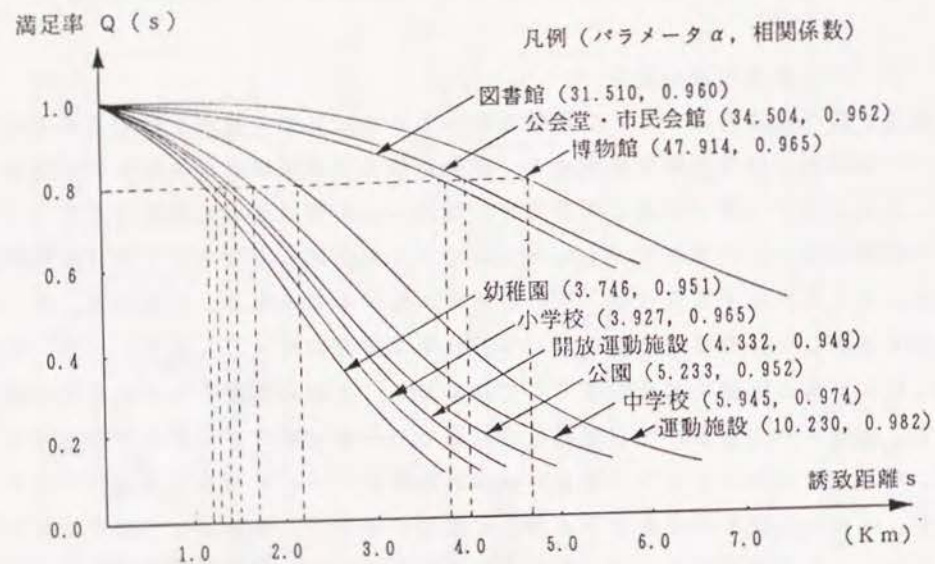


図 3-6 施設の誘致距離と満足率のモデル (その 2)

表 3-10 施設の配置における誘致距離の提案 (その 1)

施設名	$Q(s)=0.80$ に対する距離 (m)	$Q(s)=0.50$ に対する距離 (m)
バス停留所	300	600
児童遊園 児童公園	500	900
集会所	800	1,700
幼稚園	1,200	2,300
小学校	1,300	2,500
保育所	1,300	2,500
診療所	1,400	2,600
開放運動施設	1,400	2,600
公民館	1,400	2,700
警察	1,500	2,800
子供会館 児童館	1,500	2,800
公園	1,500	2,900
中学校	1,700	3,100
病院	1,700	3,100
老人 いこいの家	2,000	3,600
運動施設	2,200	4,000
図書館	3,800	7,400
公会堂 市民会館	4,000	7,500
博物館	4,700	8,700

表 3-11 施設の配置における誘致距離の提案 (その 2)

施設名	$Q(s)=0.80$ に対する時間 (分)	$Q(s)=0.50$ に対する時間 (分)
消防車	5.0	9.0
救急車	6.5	12.0

ルミニマムの思想に基づいたものと解釈できる。満足率をどの程度にすべきかという議論は別途行う必要があるが、ここで設定される誘致距離とそれに対する住民の満足率の関係が示されたことは、意志決定のための都市計画情報として有意義であると考えられる。表3-10と表3-11には、この意味において必要と思われる満足率 $Q(s)$ が50%程度に相当する誘致距離もつけ加えた。

3. 6 結 語

都市施設の整備計画の評価においては、施設の量、および配置からみた評価がある。本章では、これら2つの問題において住民ニーズをとり入れる方法を課題とし、施設の整備状態に対する住民の満足率を推定することのできるモデルを提案した。もちろん、都市施設整備計画においても計画目標や対象とする施設によっては住民ニーズが大きなウェイトをもつ場合とそうでない場合があるが、ここで提案した方法や意志決定のための情報は有意義であると考えられる。

まず最初に、3. 2では、本研究の視点および従来の研究との関連について述べた。その内容は次のようにまとめられる。

- ① 本章の研究内容は、施設の整備状態に対する住民の満足度を簡潔でわかりやすく表現でき、容易に操作できるモデルを作成すること、さらに確率論的な面から施設の住民評価を検討することを1つのねらいとしていることを述べた。
- ② 都市施設を評価するために用いる都市施設整備指標について過去の事例を調査したところ、国や自治体で種々の指標が提案され、利用されていることがわかった。

- ③ 都市施設の配置を扱った研究事例はいくつかみることができたが、施設配置と住民の満足度の実証的に関数で表現しているものはみあたらなかった。

3. 3では、都市施設に対する住民の満足度意識のモデル化の方法について述べ、続いて施設の整備量に対する満足率モデルと施設の配置に対する満足率モデルを作成した。そこで得られた成果は次のようにまとめられる。

- ① 施設の整備状態(施設の数や配置)と住民の満足率の関係を簡潔かつ操作が容易なモデルで表すことができた。モデリングのアプローチは施設に対して住民がもっている満足水準は各個人で異なっていることから、これを確率変数とみなし、ある整備状態に対して住民が満足する比率を求めるという方法を用いている。

- ② 施設の整備量に対する満足率モデルでは、施設の整備量を表す施設整備指標は施設整備の効果をも物理的に測定できるものとし、各施設に対する需要を考慮した。そして、この施設整備指標と住民の満足度を関数で表現することによってモデル化を行った。

- ③ 施設の配置に対する満足率モデルでは、施設の利用者が配置して欲しいと思っている施設までの最大距離として満足距離を定義した。そして、満足距離は個人によって異なることから、これを確率変数とみなし、ある地点に居住する人が施設の配置に満足できる比率を推定することのできるモデルを導いた。これによって施設の誘致距離とそれに対する住民の満足率の関係を明らかにすることができた。

3. 4では、3. 3で作成した施設の整備量に対する満足率モデルのキャリブレーションを行い、都市の生活環境施設整備における具体的な目標水準を設定した。また、3. 5では、3. 4と同様、3. 3で作成した施設の配置に対する満足率モデルのキャリブレーションを行い、得られたモデルを用いて都市施設整備における具体的な誘致距離を設定した。モデルの実証分析は、徳島市における都市施設整備評価やその計画への適用であり、そこで得られた成果は次のようにまとめられる。

- ① 8つの生活環境施設を対象とし、施設の整備量に対する住民の満足率をモデル化することができた。モデルの推定においては、対象地域が都市的な性格をもったゾーンと郊外的な性格をもったゾーンから構成されているため、ゾーンを2種類に分け、それぞれの地域において違ったモデルを推定した。

- ② 21の生活環境施設を対象とし、満足距離の調査を行い、施設の配置に対する住民の満足率をモデル化することができた。そして、各施設の誘致距離を設定したが、その設定において従来から誘致距離の概念が用いられていた公園だけでなく、他の施設にも同様な概念を考慮することを試みたところほぼ納得する結果が得られた。すなわち、本研究で定義した満足距離を用いて住民のアンケート調査を行ったところ、住民が望んでいる施設までの距離は種々の施設間の相対比較において妥当であったこと、得られたモデルを用いて推定した大多数の住民が満足するような施設の誘致距離も納得できる値であることが確認できた。

- ③ 種々の施設に対して整備計画における量的な目標整備水準と誘致距離を提案した。本研究では、目標整備水準は決定的なものでなく、設定された値に対し

て住民の満足率が同時に考慮されるべきであるとする確率論的な考えをとっており、約80%の住民が満足する整備水準を提案した。もちろん、何%の満足率を基準とすべきかについては、さらに他の視点からも検討が必要である。

[第3章 参考文献]

- 1) 梶秀樹：住民意識よりみた生活環境整備の方法に関する研究，都市計画，No. 67，pp. 19～33，1971.
- 2) 定井，増田：「住みよさ」からみた都市施設整備事業計画の合理化に関する研究，都市計画論文集，第23号，pp. 181～186，1988.
- 3) OECD編，小金芳弘監訳：「暮らしよさ」測定法の研究，至誠堂，1979.
- 4) 今村和男編：システム分析，日科技連，1977.
- 5) 国民生活審議会生活の質委員会編：社会指標－暮らし良さの物さし－，大蔵省印刷局，1979.
- 6) 統計編集部：社会生活統計指標（特集），統計，Vol. 27，No. 7，1976.
- 7) 丸田 頼一：都市緑地計画論，丸善，pp. 100～109，1974.
- 8) 上掲 2)
- 9) 小沢 紀美子：児童公園の住民評価にもとづく配分計画モデルの開発，都市計画学術研究発表会論文集，第9号，pp. 193～198，1974.
- 10) 腰塚，大沢：距離分布による施設配置の分析，都市計画学術研究発表会論文集，第18号，pp. 25～30，1983.
- 11) 腰塚 武志：公園等の面的施設配置の分析，都市計画学術研究論文集，第19号，pp. 313～318，1984.
- 12) 腰塚 武志：都市施設の密度と利用者からの距離との関係について，都市計画学術研究論文集，第20号，pp. 85～90，1985.
- 13) 福富，柳，山本：子どもの遊び場の構成，都市計画，第76号，pp. 29～35，1973.
- 14) 桂，青木：児童の遊び生活における遊び場の選択について，日本建築学会計画系論文報告集，第357号，pp. 62～72，1985.
- 15) 近藤，青山，多智花：生活環境施設の目標整備水準の設定方法の研究，都市計画学術研究論文集，第19号，pp. 421～426，1984.
- 16) 青山，近藤：都市公共施設の最適誘致距離の設定方法，都市計画学術研究論文集，第21号，pp. 295～300，1986.
- 17) 上掲 13)

- 18) 上掲 14)
- 19) 渡辺, 森地, 中島: 観光レクリエーション施設の誘致圏に関する研究 2, 都市計画, 第 64 号, pp. 3~10, 1971.
- 20) 上掲 15)
- 21) 上掲 3)
- 22) 上掲 5)
- 23) 徳島市の生活環境施設の在り方に関する研究会: 徳島市の生活環境施設の在り方に関する調査報告書, 1985.
- 24) 上掲 16)
- 25) 上掲 23)

第 4 章 都市施設整備における効率性と公平性意識のモデル化とその応用

4. 1 概 説

都市施設を整備する上で、効率性と公平性は基本的目標である。整備計画においてはこれらの目標を同時に考慮し、都市全体としてバランスのとれた施設整備が望まれる。しかし、これら 2 つの目標のうち一方の目標のみを達成しようとするれば、他の目標が遠ざかる場合が生じることがある。そこで、本章では都市施設整備計画において効率性と公平性のどちらにどの程度のウェイトをおくべきかを課題にし、効率性と公平性の意識をモデル化し、2 つの目標を同時に考慮して計画の評価を行うための方法を提案する。

まず最初に、4. 2 では、本研究の視点および従来の研究との関連について述べる。次に、4. 3 では、効率性と公平性を同時に考慮した都市施設の評価モデルを提案する。そして、4. 4 では、人の効率性と公平性の意識をモデル化し、4. 3 で提案した評価モデルの推定方法を説明する。4. 5 では、効率性と公平性を計量化する方法を提案する。4. 6 では、アンケート調査データを用いて評価モデルの適用性を検討するとともに、推定される効率性と公平性のウェイトを用いて実際の都市において生活環境施設の評価を行う。最後に、4. 7 では、本章で得られた成果をまとめる。

4. 2 本研究の視点および従来の研究との関連

都市施設の整備において限られた予算の中で住民の欲求を満たし、また都市全体としてバランスのとれた施設整備を行うことは容易ではない。都市施設は都市全体として整備水準が高く、かつ都市内における地域的な整備格差がないことが望ましい¹⁾。ところで、このような施設はその物理的な整備状態で評価するよりも、利用する住民の評価値でその水準が測られる方が住民ニーズに対応した整備につながる。そこで、都市施設に対する住民の評価はある一定の圏域（以下では「ゾーン」とよぶ）を基本にして行われると考え、ある特定のゾーンの施設整備を行うことによって住民の評価値の都市全体の平均値を効率的に上昇させたとしても、一方では評価値のゾーン間の格差を増大させることがありうる。このように都市全体の整備水準を高めれば地域的な格差が生じる場合に都市として最

も望ましい状態にするためにはこれらの目標のどちらに、どの程度のウェイトをおくべきかが重要な問題となる。そこで、本研究ではこの2つの目標に対するウェイトを推定し、それによって計画の評価を行うための方法を提案する。

都市施設の整備の望ましさやその評価に関する従来の研究には、社会全体の倫理観という立場からその公平性が論じられているもの²⁾があるが、公平性という概念を施設整備やその評価に具体的に生かされている例はみられないし、また、公平性の測定に関してもその方法はいくつか提案されている^{3), 4)}ものの、具体的な適用例は少ない。本研究では、施設整備は都市全体で水準を高くすべきであるという立場を肯定しつつ、ゾーン間に格差がない状態を望ましい姿であるという立場のもとに、公平性の概念を具体的に計画評価に導入するための方法論を展開する。

4. 3 効率性と公平性を考慮した都市施設の評価モデル⁵⁾

4. 3. 1 効率性と公平性の計量尺度

4. 2でも述べたように、都市施設は物理的な整備状態で評価するよりも住民の評価値でその良さが測られる方が望ましい。ところが、都市は種々の土地利用形態をもつゾーン、あるいは自然環境の異なったゾーンから形成されており、都市住民の施設の物理的水準に対する評価の構造はゾーンごとに異なっていると考えられる⁶⁾。

今、ゾーン*i*において施設の物理的な整備水準を x_i 、それに対する住民の評価値を u_i とすると両者の間に式(4-1)が成立すると考えられる。

$$u_i = f_i(x_i) \quad (4-1)$$

ただし、 x_i : ゾーン*i*の施設の物理的整備水準

u_i : ゾーン*i*の施設の整備水準 x_i に対する住民の評価値

$f_i(\cdot)$: ゾーン*i*における評価関数

式(4-1)の評価関数が作成できれば、当初の目的である施設の物理的な整備水準に対する住民の評価値を得ることができる。それと同時にこの関数を用いれば、すべての施設において住民の評価値という同じ尺度で施設の整備水準を表現

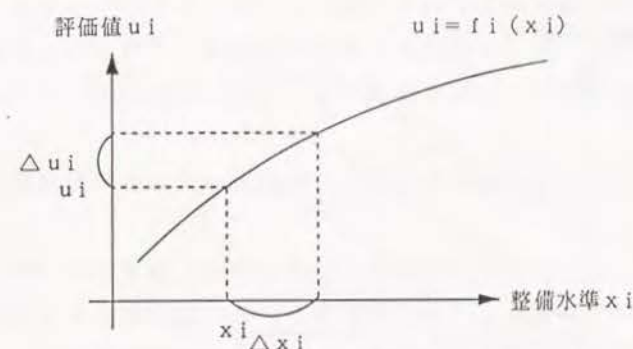


図4-1 施設の整備水準と住民の評価値

することができる。

ところで、評価関数がゾーンによって異なると仮定したことから、都市全体の施設整備に対する住民の評価値を効率的に上昇させようとするならば、図4-1に示すように施設の整備に対する住民の評価値の上昇割合を $\Delta u_i / \Delta x_i$ で表すと、この $\Delta u_i / \Delta x_i$ が最大のゾーンから整備を行えばよいことになる。しかし、 $\Delta u_i / \Delta x_i$ が最大のゾーンの整備がゾーン間に存在する評価値の格差を必ずしも小さくするとは限らないし、また、格差を小さくするという考えから、評価値 u_i が最小のゾーンの施設整備を行ったとしても都市全体からみて効率的な施設整備とはならないことがある。

そこで、都市全体の整備水準が最も高く、かつゾーン間に格差が無い状態が同時に達成できない場合に、どちらにどの程度ウェイトをおくべきかは施設整備計画重要な問題である。次に、この問題に対応するためのモデルによるアプローチを提案する。

4. 3. 2 評価モデルの構築

都市全体からみた施設整備の水準の高さを表すための指標を施設整備水準指標(以下では、「整備水準指標」ともよぶ)、またゾーン間の格差を表すための指標を施設整備格差指標(以下では、「整備格差指標」ともよぶ)と名付け、これらが計量的に表現できるならば総合的な施設整備の望ましさの評価するための関数を式(4-2)のように設定することができる。

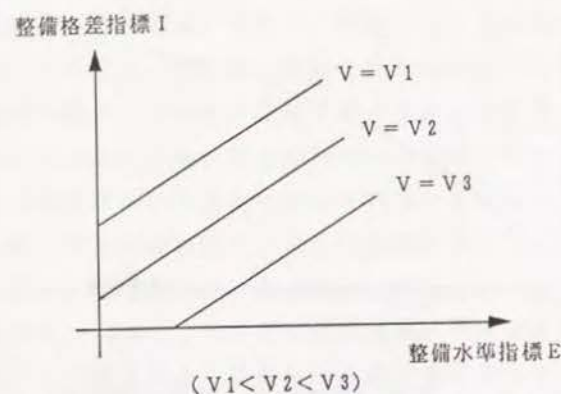


図 4-2 効率性と公平性の評価モデル

$$V = \alpha E - \beta I \quad (4-2)$$

ただし、V : 総合整備指標

E : 施設整備水準指標

I : 施設整備格差指標

α, β : 施設整備水準指標と施設整備格差指標に対するウェイト（以下では、「パラメータ」ともよぶ）

式（4-2）における整備水準指標 E は整備の効率性を、整備格差指標 I は整備の公平性を計量化した指標であり、さらに総合整備指標 V は都市全体において整備の効率性と公平性を同時に考慮した総合的な施設整備の望ましさを表す指標となる。式（4-2）のパラメータ β にマイナス符号をつけた理由は、整備格差指標 I の値が、格差が小さくなるにしたがって、すなわち望ましい状態に近づくにしたがって減少する性質をもつことから、施設整備が望ましい状態に近づく程、総合整備指標 V の値を大きくするためである。したがって、このときのパラメータ β は正の値となる。この式（4-2）は図 4-2 のように表現できる。各直線は総合整備指標 V が等しい点を結んだものであり、右下にいく程大きくなる。

整備水準指標 E と整備格差指標 I がそれぞれ 1 つの数値として計量化され、またそのときの総合整備指標 V の値がデータとして得られるなら、パラメータ α 、

β を推定することができる。そして、得られたモデルの応用として、実際の都市において整備水準指標 E と整備格差指標 I を測定すれば、推定した α 、 β を用いてその都市全体の施設整備の望ましさを評価することができる。

4. 4 都市施設整備における効率性と公平性意識のモデル化⁷⁾

式（4-2）で効率性と公平性を同時に考慮した評価モデルを提案したが、ここでは、このモデルの推定において効率性と公平性意識をとり込む方法、および推定方法について述べる。具体的には、整備水準指標 E、整備格差指標 I、およびそのときの都市全体からみた整備状態の望ましさを表す指標 V（総合整備指標）に関するデータが得られたとして、式（4-2）の整備水準指標 E と整備格差指標 I に対するウェイト α 、 β の推定を行う方法を説明する。

4. 4. 1 効率性と公平性意識の導入方法

今、ある都市において異なった施設の整備状態 A、B が存在し、それに対して効率性と公平性を総合的に評価した値が U_A 、 U_B として測定されたとき、この評価値 U_A 、 U_B と整備状態に対する望ましさとの間には次の関係が成立すると仮定する。

$$\begin{aligned} U_A > U_B & \quad \text{状態 A} > \text{状態 B (A が B より望ましい)} \\ U_A = U_B & \quad \text{状態 A} \sim \text{状態 B (A と B は無差別)} \\ U_A < U_B & \quad \text{状態 A} < \text{状態 B (B が A より望ましい)} \end{aligned} \quad (4-3)$$

ところで、この U_A 、 U_B は式（4-2）の総合整備指標を計量的に表現したものとみることができる。また、 U_A 、 U_B は都市施設に対する個人の評価値であるとする、 U_A 、 U_B はある一定のばらつきをしており、施設の整備状態だけで決まる非確率項と個人の価値観等の違いに起因する確率項（誤差項）からなると考えられる。そして、確率項が評価値にばらつきを与えているとみることができるから、 U_A 、 U_B は次式のように表される。

$$U_A = V_A + \varepsilon_A \quad (4-4)$$

$$U_B = V_B + \varepsilon_B \quad (4-5)$$

ただし、 V_A, V_B : 状態 A、B に対する総合整備指標値の非確率項

$\varepsilon_A, \varepsilon_B$: 状態 A、B に対する総合整備指標値の確率項 (誤差項)

任意の個人が施設の整備状態 A、B を比較し、状態 A が B より望ましいとする確率 $\text{Prob}[U_A > U_B]$ は式 (4-4) と (4-5) から次式で表される。

$$\text{Prob}[U_A > U_B] = \text{Prob}[V_A - V_B > \varepsilon_B - \varepsilon_A] \quad (4-6)$$

式 (4-6) の V_A, V_B に式 (4-2) を代入する。

$$\begin{aligned} \text{Prob}[U_A > U_B] \\ = \text{Prob}[\alpha(E_A - E_B) - \beta(I_A - I_B) > \varepsilon_B - \varepsilon_A] \end{aligned} \quad (4-7)$$

ところで、式 (4-2) のパラメータ α, β を推定するためには式 (4-4) と式 (4-5) の誤差項である ε_A と ε_B の誤差分布を仮定し、確率を算出するための具体的な関数形を求めなければならない。

4. 4. 2 モデルの特定化と推定方法⁸⁾

ここで、 $P_A = \text{Prob}[U_A > U_B]$ とおき、式 (4-4) と (4-5) の誤差項 $\varepsilon_A, \varepsilon_B$ に対して、その分布関数としてガンベル分布を仮定すると次式で表されるロジットモデルが導かれる。

$$P_A = \frac{1}{1 + \exp\{\alpha(E_B - E_A) - \beta(I_B - I_A)\}} \quad (4-8)$$

また、誤差の分布関数として正規分布を仮定すると次のようなプロビットモデルとなる。

$$P_A = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{y_A} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \quad (4-9)$$

$$\text{ただし、} y_A = \frac{V_A - V_B}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}}$$

σ_A, σ_B : 誤差分布の標準偏差

個人のもつ指標値 U_A, U_B がある確率分布をしていることは彼らの母集団から選ばれたサンプルも同じ確率分布をしていると考えられ、ある個人が状態 A を望ましいとする確率はサンプル集団において状態 A を望ましいとする人数の比率とみなせる。これより整備水準指標 E_A, E_B 、整備格差指標 I_A, I_B 、および選好比率 P_A, P_B のデータが得られるならば、ロジットモデル式 (4-8) とプロビットモデル式 (4-9) から導いた次の式を用い、回帰分析によってパラメータ α, β を推定することができる。

[ロジットモデル]

式 (4-8) より、

$$\log\left(\frac{P_B}{P_A}\right) = \alpha(E_B - E_A) - \beta(I_B - I_A) \quad (4-10)$$

[プロビットモデル]

式 (4-9) より、

$$\begin{aligned} y_A &= \frac{\{\alpha(E_A - E_B) - \beta(I_A - I_B)\}}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}} \\ &= \alpha'(E_A - E_B) - \beta'(I_A - I_B) \end{aligned} \quad (4-11)$$

$$\text{ただし、} \alpha' = \frac{\alpha}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}}, \quad \beta' = \frac{\beta}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}}$$

4. 5 効率性と公平性の計量化

4. 5. 1 効率性の計量化

整備水準指標 E の計量方法としては、都市を構成する各ゾーンの施設整備に対する住民の評価値の平均値が最も妥当であると考えられる。都市を構成するゾーン数を n とすると、整備水準指標 E は次式で算出することができる。

$$E = \frac{1}{n} (u_1 + u_2 + \dots + u_n) \quad (4-12)$$

4. 5. 2 公平性の計量化

(1) GINI 係数^{9), 10)}

国民の所得や富の分配の公平性を議論するための指標として、ローレンツ曲線が経済学分野で用いられている。このローレンツ曲線を用いて、ゾーン間の格差を計量する。ゾーンを個体 i 、各ゾーンでの施設整備に対する評価値 u_i を個体に与えられた富の所有量と考え、横軸に評価値の低い順にゾーンを並べ、総ゾーン数を 1.0 としたときの値を、縦軸には評価値が任意のゾーン i における値 u_i 以下であるすべてのゾーンの評価値を総和した値を総ゾーンの評価値の合計に対する比率に換算した値をプロットするとローレンツ曲線が描ける。すなわち、縦軸の値を y_i とすると y_i は次式で算出することができる。

$$y_i = \frac{\sum_{j=1}^i u_j}{\sum_{j=1}^n u_j} \quad (4-13)$$

図 4-3 がローレンツ曲線である。図に示した直線 OA は完全平等線とよばれ、すべてのゾーンにおいて評価値が等しい場合のローレンツ曲線である。ゾーン間に格差が存在する場合には、ローレンツ曲線は下に凸になり、ローレンツ曲線と完全平等線に囲まれた面積 OAO が格差の度合を表している。GINI 係数とはこの面積 OAO を 2 倍したものであり、式 (4-14) で表される。GINI 係数 G は、 $0 \leq G \leq 1$ という性質をもつ。

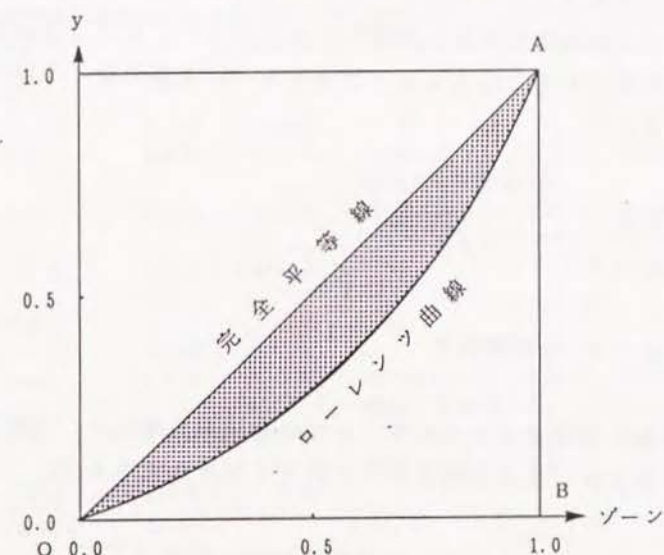


図 4-3 ローレンツ曲線

$$G = 1 - 2 \times \frac{1}{n} \times \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i} \times \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^i u_j \right) \quad (4-14)$$

(2) 分散

分散はデータのばらつき具合を表す指標であり、これを公平性の尺度として用いることができる。すなわち分散の値が大きいことは格差が大きいことを表す。分散 S は次式で算出できる。

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{u_i - \text{Ave}(u)\}^2 \quad (4-15)$$

ただし、 $\text{Ave}(u)$: u_i の平均値

(3) 変動係数

分散はデータのばらつきだけを取り扱ったものである。しかし、変動係数はデータのばらつきと平均値を同時に考慮したものであり、ばらつきが増大すると大きく、平均値が増大すると小さくなる性質をもつ。変動係数 CV は次式で算出することができる。

$$CV = \frac{\sigma u}{Ave(u)} \quad (4-16)$$

ただし、 σu : u_i の標準偏差

整備格差指標 I の計量方法として、3つの方法を提案した。これらの方法によって算出される値は、格差が増大すれば大きくなる性質をもつ。

4. 6 効率性と公平性からみた生活環境施設の評価

本節では、4. 4、および4. 5で提案した効率性と公平性意識に基づく都市施設の評価モデルの実証分析を徳島市を対象として行う。まず、効率性と公平性の意識調査データにより評価モデルを推定し、それを用いて徳島市の生活環境施設の総合的な評価を行う。

4. 6. 1 効率性と公平性に関する意識調査¹¹⁾

パラメータ α 、 β を推定するデータを得るために徳島市役所職員と徳島県庁職員のうち都市の整備について十分な知識と経験をもった職員に被験者となってもらいアンケート調査を行った。このようにアンケート調査の被験者を限定したのは、ここでの評価は都市全体において効率性と公平性を論じるために広い視野と十分な知識と経験をもった被験者が望ましいと考えたからである。調査内容は、図4-4に示す例のように、イ地区、ロ地区の2つの地区からなる架空の都市を想定させ、その両地区における生活環境施設に対する住民の満足率が、(A) 平均満足率が低く、満足率の格差が小さいという状況と、(B) 平均満足率が高く、満足率の格差が大きい状況の2つに対して、都市全体からみてどちらの状態が好ましいかを選択させる形式で行った。得られた有効サンプル数は161であった。

【生活環境施設の都市全体の整備水準と地区間格差に関する質問の例】 各地区のパーセンテージは施設整備に対する住民の満足率を表す。

ケース 1			
	イ地区	ロ地区	
(A)	35%	30%	市平均は32.5%で、地区間の格差は5%である。
(B)	90%	25%	市平均は57.5%で、地区間の格差は65%である。
(C)	どちらともいえない。		
ケース 2			
	イ地区	ロ地区	
(A)	45%	40%	市平均は42.5%で、地区間の格差は5%である。
(B)	60%	35%	市平均は47.5%で、地区間の格差は25%である。
(C)	どちらともいえない。		

図4-4 アンケート調査の一例

4. 6. 2 モデルのキャリブレーション

調査結果に対し、まず調査票で示した各質問における住民の満足率から、4. 5で説明した方法を用いて整備水準指標Eと整備格差指標Iのデータを作成した。また、満足率の状況に関する回答結果から選好率Pを計算した。この結果を表4-1に示す。これらのデータを用いて推定したパラメータを表4-2と表4-3に示す。表4-2は整備水準指標Eと整備格差指標Iに対するウェイトを比較することを目的として、それぞれのデータを平均値が0、分散が1になるように基準化したものを用いて推定したものであり、表4-3は徳島市における施設整備を好ましさを評価するために用いるパラメータであり、データはそのまま用いた。

まず、表4-2の結果から整備水準指標Eと整備格差指標Iのウェイトを比較すると、格差の方が全体の水準のほぼ2~3.5倍のウェイトをもつと考えられていることがわかった。次に、モデルの重相関係数を用いて、ロジットモデルとプロビットモデルの2種類のモデルタイプの比較を行うと、ほぼ同様な結果

表4-1 アンケート調査における施設整備水準指標と施設整備格差指標および選好率

ケース	状態	整備水準指標	整備格差指標			選好率
		平均値	GINI係数	分散	変動係数	
1	A	47.50	0.026	6.2	0.053	73.2
	B	60.00	0.250	900.0	0.500	17.1
2	A	52.50	0.024	6.2	0.048	35.4
	B	55.00	0.227	625.0	0.455	7.3
3	A	52.50	0.024	6.2	0.048	76.3
	B	60.00	0.167	400.0	0.338	18.4
4	A	42.50	0.029	6.2	0.059	28.2
	B	60.00	0.038	100.0	0.167	69.2
5	A	50.00	0.000	0.0	0.000	66.7
	B	60.00	0.136	225.0	0.273	30.0
6	A	32.50	0.038	6.2	0.077	65.5
	B	37.50	0.167	156.2	0.333	27.6
7	A	32.50	0.038	6.2	0.077	71.4
	B	37.50	0.238	306.2	0.467	21.4
8	A	62.50	0.020	6.2	0.040	54.6
	B	70.00	0.143	400.0	0.286	27.3
9	A	42.50	0.029	6.2	0.059	72.7
	B	50.00	0.300	900.0	0.600	9.1
10	A	55.00	0.045	25.0	0.091	60.0
	B	65.00	0.192	625.0	0.385	10.0
11	A	45.00	0.056	25.0	0.111	54.5
	B	52.50	0.071	56.2	0.143	27.3
12	A	32.50	0.038	6.2	0.077	64.4
	B	35.00	0.214	225.0	0.427	22.2
13	A	52.50	0.024	6.2	0.048	70.5
	B	60.00	0.167	400.0	0.333	25.0
14	A	47.50	0.026	6.2	0.053	77.8
	B	52.50	0.310	1056.2	0.619	8.9
15	A	40.00	0.250	400.0	0.500	63.6
	B	50.00	0.400	1600.0	0.800	4.6
16	A	62.50	0.020	6.2	0.040	70.0
	B	70.00	0.143	400.0	0.286	30.0
17	A	55.00	0.045	25.0	0.091	75.0
	B	65.00	0.192	625.0	0.385	25.0
18	A	45.00	0.056	25.0	0.111	25.0
	B	52.50	0.071	56.2	0.143	75.0
19	A	32.50	0.038	6.2	0.070	73.7
	B	57.50	0.283	1056.2	0.565	15.8
20	A	42.50	0.029	6.2	0.059	73.7
	B	47.50	0.132	156.2	0.263	21.1
21	A	35.00	0.071	25.0	0.143	73.7
	B	55.00	0.318	1225.0	0.636	15.8
22	A	37.50	0.033	6.2	0.067	73.7
	B	52.50	0.262	756.2	0.524	15.8

表4-2 評価モデルのパラメータの推定結果（データを基準化）

整備格差指標 I の計量化の方法	ロジット モデル	プロビットモデル
GINI 係数	$\alpha = 0.2110$ $\beta = 0.6843$	$\alpha = 0.1241$ $\beta = 0.4036$
	R = 0.769	R = 0.774
分散	$\alpha = 0.4746$ $\beta = 0.8581$	$\alpha = 0.2745$ $\beta = 0.4952$
	R = 0.867	R = 0.855
変動係数	$\alpha = 0.2102$ $\beta = 0.6842$	$\alpha = 0.1236$ $\beta = 0.4025$
	R = 0.769	R = 0.774

注1) 整備指標水準 E の計量化方法はすべて平均値を用いた。

注2) プロビットモデルで推定したパラメータは式(4-11)の α' 、 β' である。

表4-3 評価モデルのパラメータの推定結果

整備格差指標 I の計量化の方法	ロジット モデル	プロビットモデル
GINI 係数	$\alpha = 0.0367$ $\beta = 9.5583$	$\alpha = 0.0214$ $\beta = 5.6398$
	R = 0.769	R = 0.774
分散	$\alpha = 0.0446$ $\beta = 0.0027$	$\alpha = 0.0248$ $\beta = 0.0016$
	R = 0.817	R = 0.802
変動係数	$\alpha = 0.0367$ $\beta = 4.7891$	$\alpha = 0.0215$ $\beta = 2.8255$
	R = 0.769	R = 0.774

注1) 整備指標水準 E の計量化方法はすべて平均値を用いた。

注2) プロビットモデルで推定したパラメータは式(4-11)の α' 、 β' である。

が得られており、相関係数の値そのものから判断してもどちらのタイプを用いてもほとんど問題がないことがわかった。モデルのとり扱い易さからみるとロジットモデルの方が簡単である理由から、パラメータ α 、 β の推定においてはロジットモデルの方が若干優れていると考えられる。さらに、整備格差指標Iとして用いたGINI係数、分散、および変動係数に関して同様に重相関係数を用いて比較を行うと、GINI係数と変動係数を用いたモデルでは、非常によく似た結果が得られている。これらに比較して分散を用いた場合にはやや精度は上がっている。3つの整備格差の測定方法を総合的に比較すると、モデル推定からみると分散が若干優位であるが、分散は上限値がないという欠点があるため、上下限値をもち、従来から公平性の尺度としてよく用いられているGINI係数が優れているように思われる。

4. 6. 3 評価モデルの適用と考察

4. 6. 2で推定した表4-3に示すパラメータ α 、 β を用いて、徳島市の生活環境施設整備の望ましさの評価を行う。徳島市における施設整備水準指標Eと施設整備格差指標Iを算出するためのデータとして、日常生活圏に相当するゾーン単位で、生活環境施設に対する満足度調査を行った。調査は徳島市を構成する23ゾーンのすべてで行い、配布数2,000に対し、有効サンプル数は全市で1,843であった。調査では、生活環境施設を安全、健康、社会福祉、交通・通信、余暇、教育・文化、および居住環境の7つの要素に基づいて分類し、各要素別に、各ゾーンにおける現況の施設に対する満足の度合いを質問した。そしてこの結果から、表4-4に示すような各ゾーンにおける住民の満足率を得た。この満足率は式(4-1)で示した住民の評価値 u_i に相当すると考えられる。

これらのデータを用いて、徳島市における整備水準指標Eと整備格差指標Iを7つの生活環境構成要素別に算出し、この結果を指標ごとに図4-5から図4-8に示した。次に、図4-5から図4-8の各指標の値を表4-3のロジットモデルとプロビットモデルに代入し、生活環境構成要素別の総合的な整備指標値を算出した。この結果を図4-9から図4-11に示す。図をみると、GINI係数、変動係数を整備格差指標として総合整備指標の値を求めると、良好な順から、安全、健康、交通・通信、社会福祉、居住環境、教育・文化、余暇の順となる。一方、分散を整備格差指標に用いた場合には、総合整備指標の値の大きさの順が若干変化し、健康、安全、交通・通信、居住環境、社会福祉、教育・文化、余暇

表4-4 徳島市の都市施設に対する住民の評価値

ゾーン	安全	健康	社会福祉	交通通信	余暇	教育文化	居住環境	総合
内町	68.1	73.2	47.2	76.4	66.7	51.4	73.6	76.4
昭和	66.3	78.8	50.0	61.3	58.8	58.8	56.3	70.0
東富田	63.4	83.1	57.0	70.8	47.2	63.9	69.4	79.2
西富田	71.7	79.6	66.7	83.3	50.0	57.4	77.4	77.8
新町	70.8	95.8	68.8	77.1	56.2	66.7	81.3	77.1
佐古	75.6	86.8	63.7	83.5	57.2	65.9	73.6	76.9
加茂	59.0	73.0	35.4	46.0	42.4	40.0	46.0	55.6
渭北	65.8	74.6	53.6	71.7	58.9	56.3	48.7	69.9
渭東	61.1	84.1	49.5	71.6	47.4	54.7	58.9	75.8
沖洲	50.0	60.6	43.3	55.8	42.3	43.3	46.2	58.7
津田	61.4	79.2	48.0	63.4	39.0	43.0	51.5	69.3
八万	46.4	70.4	35.2	47.6	26.8	47.2	52.4	54.8
加茂名	62.4	75.2	38.7	59.7	46.3	32.3	44.4	61.6
不動	67.9	47.4	56.2	58.9	42.9	44.7	57.2	61.4
応神	63.0	68.4	41.1	45.6	32.2	37.5	46.4	55.4
川内	54.6	59.1	40.9	34.1	31.8	39.1	44.3	47.7
勝占	47.1	51.7	36.8	44.8	20.7	24.1	41.9	44.2
多家良	50.9	38.9	38.2	37.0	39.3	30.9	38.2	41.1
上八万	48.3	56.7	41.7	38.3	37.9	35.6	42.4	48.3
入田	58.3	44.7	33.3	37.5	34.1	39.1	43.2	53.2
国府	59.1	59.1	37.9	49.4	29.1	45.4	26.8	43.5
南井上	64.9	63.2	49.1	42.9	37.5	48.2	38.9	41.1
北井上	67.3	62.0	46.2	50.0	47.1	45.1	49.0	65.4



図4-5 徳島市における整備水準指標値(平均値)

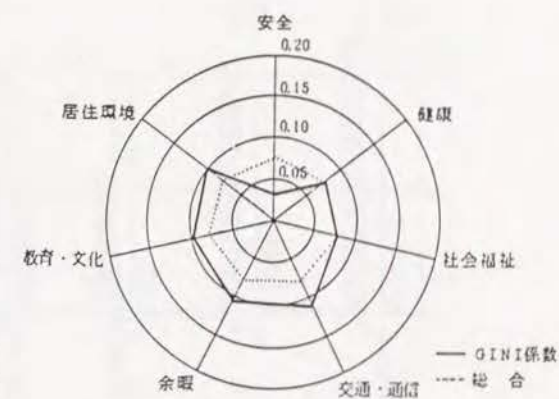


図4-6 徳島市における整備格差指標値(GINI係数)



図4-7 徳島市における整備格差指標値(分散)

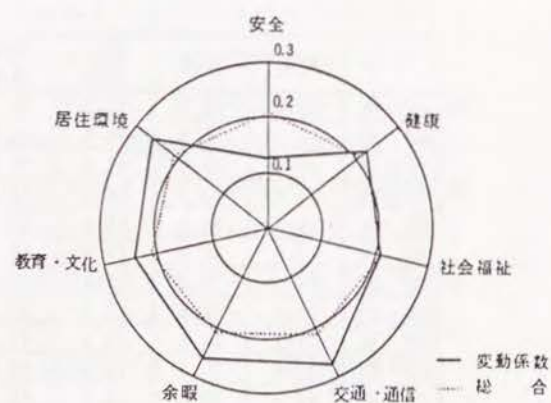


図4-8 徳島市における整備格差指標値(変動係数)

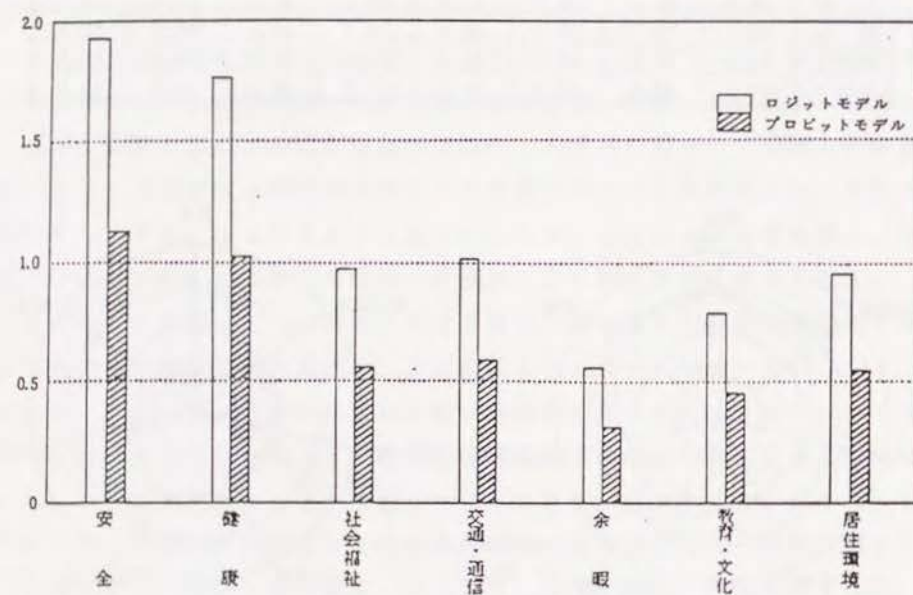


図4-9 整備格差指標にGINI係数を用いた徳島市の総合整備指標値

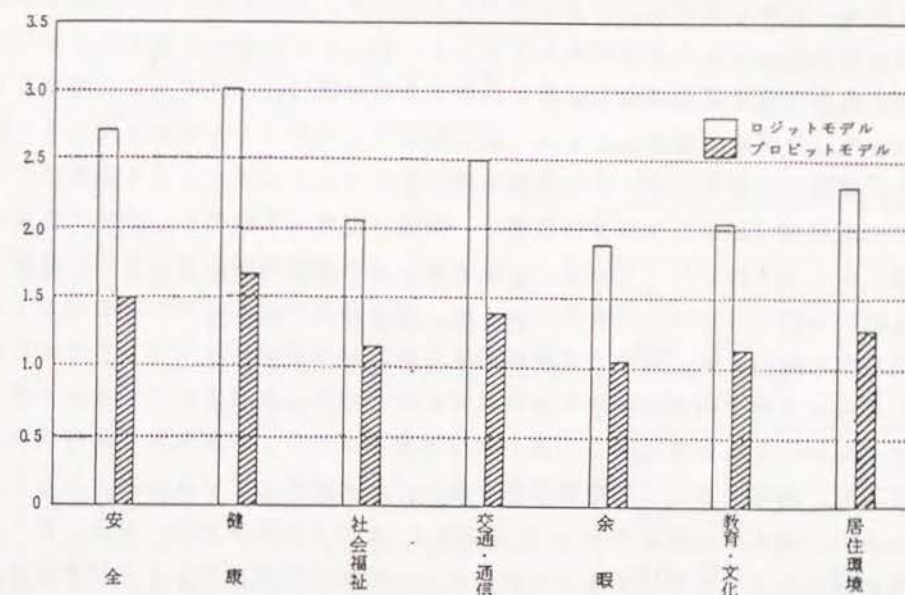


図4-10 整備格差指標に分散を用いた徳島市の総合整備指標値

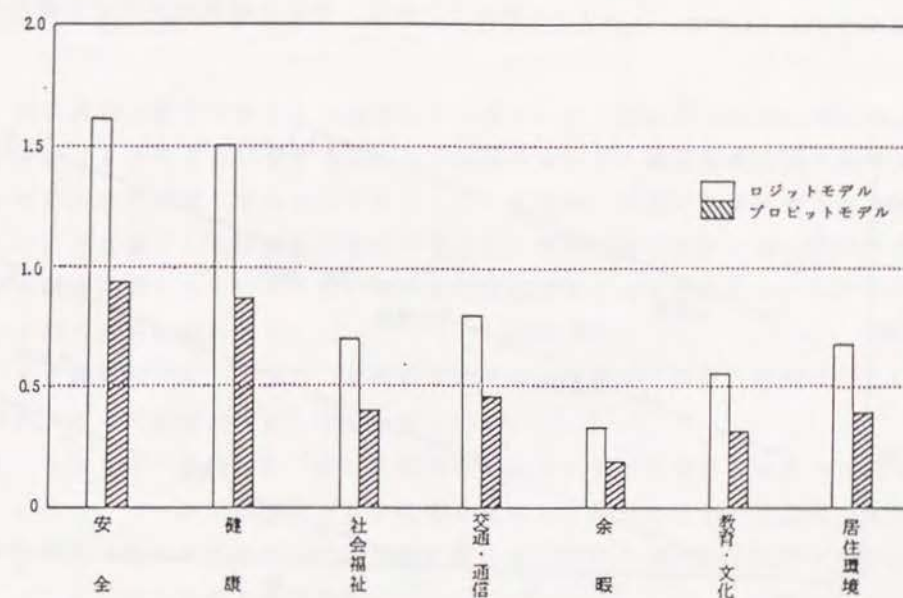


図4-11 整備格差指標に変動係数を用いた徳島市の総合整備指標値

の順となる。しかしながら、ロジットモデルとプロビットモデルによる順序の違いはみられない。これらの結果をふまえ、4. 6. 2でも述べた理由により、続いて行う徳島市の生活環境施設整備の好ましさの評価には、表4-2に示したモデルのうち、整備格差指標にGINI係数を用いたロジットモデルを用いることにする。整備格差指標にGINI係数を用いたロジットモデルによる徳島市の生活環境施設整備の好ましさの評価結果を、横軸に整備水準指標E、縦軸に整備格差指標Iをとって図4-12に示す。図では、総合整備指標の値が等しい直線（等V直線）を記入しており、右下にいく程、施設整備が望ましいことを示している。徳島市においては、安全と健康に関する施設の整備が優れていることがわかるが、これは安全に関する施設は各地区で比較的均等に整備されているため整備格差が小さいこと、健康に関しては、中心市街地において医療施設の過密状態が生じており、都市全体として整備水準が高いことに起因していると考えられる。

ところで、GINI係数のもつ $0 \leq G \leq 1$ という性質を利用すると、次のような整備達成率Akを算出することができる。整備水準指標Eには平均満足率を用いていることから $0 \leq E \leq 100$ であり、整備格差指標Iに用いたGINI係数の性質とあわせると、総合整備指標Vの最大値はVmax (E = 100, I = 0)、最小値はVmin (E = 0, I = 1)となることから、整備達成率は次式で定義できる。

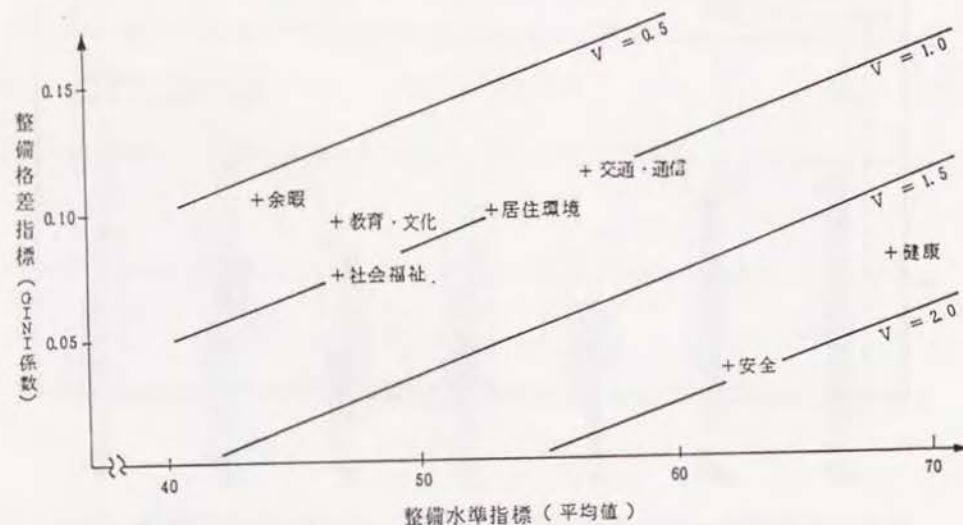


図4-12 徳島市における総合整備指標値

$$A_k = \frac{V_k - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \times 100 [\%]$$

(4-17)

ただし、Vk：整備格差指標にGINI係数を用いた場合の生活環境構成要素kの施設の総合整備指標値

この整備達成率Akを生活環境構成要素別に示したものが表4-5である。表より安全、健康に関する施設の整備達成率が比較的良好いことがわかる。

表4-5 徳島市における施設整備達成率

環境要素	達成率(%)
安全	86.8
健康	85.5
社会福祉	79.6
交通・通信	79.9
余暇	76.5
教育・文化	78.3
居住環境	79.4

4. 7 結 語

都市施設は都市全体として整備水準が高く、かつ都市内における地域的な格差がないことが望ましい姿であるという立場のもとに、施設整備計画においてこの2つの目標を同時に考えたときのウェイトを求め、計画の評価を行う方法を提案した。方法論としては基礎的段階であるが、今後の都市計画において公平性の思想を実際に導入していくことが要求されるだろうことを考えると、ここでの成果は有益であると思われる。

まず最初に、4. 2では、本研究の視点および従来の研究との関連について述べた。その内容は次のようにまとめられる。

- ① 本章では、施設整備は都市全体で水準を高くすべきであるという立場を肯定しつつ、ゾーン間に格差がない状態を望ましい姿であるという立場のもとに、公平性の概念を具体的に計画評価に導入するための方法論を展開することをねらいとしていることを述べた。
- ② 効率性と公平性の概念を導入した都市施設整備の評価方法や事例研究はほとんどみられなかった。

次に、4. 3では、効率性と公平性を同時に考慮した都市施設の評価モデルを提案した。そのモデルは次のような特徴をもっている。

- ① 効率性と公平性を個々の都市施設に対する住民の評価値で計量することを提案した。こうすれば住民の意識をモデルにとり入れることができるとともに、すべての施設において住民の評価値という同じ尺度で施設の整備水準を表現することができる。
- ② 都市全体からみた施設整備の水準の高さを表すための指標である施設整備水準指標とゾーン間の格差を表すための指標である施設整備格差指標を定義し、この2つの指標の線形和により、総合的な都市施設整備の望ましさである総合整備指標を表現した。

4. 4では、人の効率性と公平性の意識をモデル化し、4. 3で提案した評価モデルの推定方法を説明した。その方法は次のような内容である。

- ① 施設整備水準と格差に違いのある複数の都市を比較し、その望ましさから4. 3で提案した評価モデルに効率性と公平性の意識を確率論的に導入した。
- ② 具体的なモデルとして、ロジットモデルとプロビットモデルを導いた。これらは、確率分布関数の仮定の違いによるものである。

4. 5では、次に述べるような効率性と公平性を計量化する方法を提案した。

- ① 施設整備の効率性、すなわち都市全体の整備水準の高さを計量化する指標として平均値を提案した。
- ② 公平性、すなわち整備の格差を計量化するための指標としてGINI係数、分散、および変動係数を提案した。

4. 6では、アンケート調査データを用いて評価モデルの適用性を検討するとともに、推定される効率性と公平性のウェイトを用いて徳島市において生活環境施設の評価を行った。そこでの成果は次のようにまとめられる。

- ① 4. 5で提案した公平性の3つの計量化指標をモデルの精度に基づいて考察すると、3方法とも使用可能であると考えられる。その中でもGINI係数は上限値と下限値をもつ性質から、計画評価のための指標としてより有効であることがわかった。
- ② 評価モデルとしてロジットモデルとプロビットモデルの2種類を提案したが、実証分析においてこれら2種類のモデルを比較したところ、よく似た精度のモデルであることがわかった。しかしながら、モデルのとり扱い易さからみるとロジットモデルが若干有利であると考えられる。

- ③ 徳島市における施設整備の望ましさの評価を試みた。最も望ましい姿に対する整備達成率を定義し、その値を算出したところ安全と健康に関する施設が優れていることがわかった。

〔第4章 参考文献〕

- 1) 赤沢, 桜井, 丸尾: 総合福祉経済学, 好学社, pp. 3~26, 1979.
- 2) 宮嶋 勝: 公共計画の評価と決定理論, 企画センター, pp.167~194, 1983.
- 3) 上掲 2)
- 4) Atkinson, A. B. : On the measurement of inequality, Journal of Economic Theory, 2, pp.244~263. 1970.
- 5) 青山, 近藤: 地域格差を考慮した都市の生活環境施設の評価方法に関する基礎的研究, 都市計画学術研究論文集, 第20号, pp.193~198, 1985.
- 6) 近藤, 青山, 多智花: 生活環境施設の目標整備水準の設定方法の研究, 都市計画学術研究論文集, 第19号, pp.421~426, 1984.
- 7) 上掲 5)
- 8) 土木学会編: 非集計行動モデルの理論と実際, 第15回土木学会講習会テキスト, 1984.
- 9) 上掲 2)
- 10) 上掲 4)
- 11) 徳島市の生活環境施設の在り方に関する研究会: 徳島市の生活環境施設の在り方に関する研究報告書, 1985.

第5章 効用最大化による都市公共施設の利用行動のモデル化とその応用

5.1 概説

都市公共施設の整備計画の立案において、施設の整備状況とそれに対する需要との関係を解明することは重要な課題の1つである。本章では、都市公共施設の利用者の立場からその行動をモデル化し、得られたモデルを用いて施設の利用に影響を及ぼす要因と利用との関係、すなわち都市公共施設の需要構造を明らかにすることを目的として分析を行う。

まず最初に、5.2では、本研究の視点および従来の研究との関連について述べる。次に、5.3では、都市公共施設の利用者の行動を説明するために利用者の効用関数を定式化し、利用者は施設の利用において効用を最大化する行動をとるという仮定に基づいて、施設の整備状態と施設の利用回数の関係をモデル化する。5.4では、5.3で得られたモデルに対し、施設の利用回数とその性質について考察を行う。5.5では、5.3で定式化した施設の整備状態と利用回数の関係の実証分析として、徳島市において児童公園・児童遊園、および都市公園を対象とした施設の需要構造を解明する。最後に、5.6では、本章で得られた成果をまとめる。

5.2 本研究の視点および従来の研究との関連

所得水準の上昇に伴い住民の経済生活が豊かになるとともに、文化水準が向上した近年、よりゆとりのある生活が求められている。このような中で都市公共施設の整備は急務であるが、住民の需要に対応した効率的な施設整備を行うための課題の1つとして、施設の整備状況とそれに対する需要との関係を解明することが指摘できる。本研究は、この課題を解決するための第一歩として、従来みられなかった施設の利用者の立場から、都市公共施設の需要構造を明らかにすることを目的としたものである。

本研究の特徴の1つは、都市公共施設の利用者の行動は施設の利用によって得られる効用に左右されるという考えのもとに、施設の利用者の行動を効用に基づく個人行動モデルとして定式化することである。効用を基礎におく個人行動モデルは、交通計画の分野では機関選択や経路選択といった選択行動を説明するため

のモデルを中心に多く適用されている。特に非集計ロジットモデルは、ここ数年の間最もよく研究が進められ、交通計画の分野では確立されたモデルになっている¹⁾。しかしながら、都市公共施設の利用を説明するための行動モデルは、わが国ではほとんど事例がみられない。また、最近の事例から関連のあるものを概観しても、通勤通学交通を対象として、通勤手段・駅・アクセス手段の同時選択ネステッドロジットモデルを用いて新駅利用量の予測方法を提案し、その評価を行った原田ら²⁾の研究や買物行動における商業地選択分析に非集計ロジットモデルを適用し、選択行動に影響を与える要因を明らかにするとともにモデルの適用性を確認した森地ら³⁾の研究がある程度である。これらの研究にしても使われているモデルは交通計画のためのモデルとして位置づけられる。さらに、モデリングアプローチの点からいうと、これらのモデルは効用に基礎をおいているものの個人の行動をすべて効用で説明できるとして1つの型に入れてしまうものではなく、効用の値は確率的に変動するとの仮定のもとに、確率論的なアプローチをしている。それに対し、本研究のモデリングアプローチは個人の行動はすべて効用で説明できると仮定し、それを効用関数によって1つの型に入れてしまうアプローチであり、明快な方法である。

次に、都市公共施設の利用行動において、利用回数を効用関数に組込んだことが別の特徴としてあげられる。施設の利用行動は、その場その場で選択が行われていると考えられている交通機関の選択行動とは異なり、ある期間内での利用を考えることが必要である。すなわち、ある一定期間においては前回の利用が目前の利用に影響を与えていると考える訳である。そこで、利用回数に対して限界効用が逓減することを仮定し、施設の利用者が効用最大化行動をとると考えることによってある期間内での施設の需要が説明できるモデルを作成する。この点においても、前回の利用が目前の利用になんら影響を及ぼさないとしている先述の交通計画でよく使われているモデルのアプローチとは異なっている。効用最大化理論によるアプローチは都市経済学の分野でよく用いられているが⁴⁾、施設利用行動への応用はわが国ではまれであり、さらに本研究は都市公共施設の需要構造の解明を目的としているが、これが達成されれば施設の需要予測に役立つと考えられる。施設の需要予測という点に関していえば、従来からよく行われている研究に観光地や観光施設の需要予測がある。そこでの需要予測モデルには、いわゆる四段階推定法を基礎にした集計型のものが多く用いられている⁵⁾。トータルとしての需要予測には問題はないが、さらに需要のメカニズムやここで対象としたよ

うな都市内レベルでの施設に対する需要の分析を行う場合には個人行動をモデル化することも必要であると思われる。

5. 3 都市公共施設の利用行動のモデル化^{6), 7), 8)}

5. 3. 1 利用行動の仮説と定式化⁹⁾

個人が都市公共施設を利用する場合には、施設に到達するために施設までの距離を克服し、そのための交通費用や施設によっては利用料金を支払わなければならない。すなわち、1回の利用に対して、個人のもつ自由時間のうち施設までの往復に要する時間および施設の利用に要する時間を消費し、また所得のうち施設の利用に伴う費用を支出する。一方、個人は施設の利用価値を得ることができる。そして、個人が施設を複数回利用する場合には、利用回数に応じて自由時間が減少し、所得のうち他の目的に使用できる予算が減少する。しかし、利用回数に相当する利用価値を得ることができる。

都市公共施設の利用行動の定式化においては、個人がある一定期間内に、都市内に複数個存在するある種の施設を利用する回数を内生変数として、施設利用者の行動を表現する。ここで、都市公共施設の利用者の行動は施設の種類によって異なるものの、行動のメカニズム、すなわち行動に影響を与える外的な要因は同じであると仮定する。したがって、これから仮定する効用関数は、複数の都市公共施設に適用可能なものであるとし、施設の種類による利用のされ方の違いは、行動の意志決定を左右する効用を算出するための関数を構成する要因に対するウェイトの差によるものであると考える。居住地 i に住む個人がある種の都市公共施設を利用するときの効用関数を考える。彼のある期間における都市公共施設 j の利用回数を n_{ij} とし、1回の施設利用に対する居住地 i から施設 j までの往復の交通費用と利用料金の和を c_{ij} 、往復の所要時間と利用時間の和を t_{ij} 、また施設 j を1回利用するときの利用価値を z_j とする。さらに、個人のある一定期間の所得を I 、自由時間を T とすると、施設の利用回数が n_{ij} 回であるときの個人の効用は、所得 I と自由時間 T から施設の利用によって消費される費用と時間を差し引いた残りの所得と自由時間、および得られる利用価値を用いて計量できると考える。すなわち、このときの効用を U_i で表すと、 U_i は次の式で定式化できると仮定する。

$$U_i = \alpha \log(I - \sum_j n_{ij} \cdot c_{ij}) + \beta \log(T - \sum_j n_{ij} \cdot t_{ij}) + \gamma \sum_j z_j \cdot \log(1 + n_{ij}) \quad (5-1)$$

ただし、 α, β, γ : パラメータ ($\alpha, \beta, \gamma \geq 0$)

式(5-1)において第1項の $(I - \sum_j n_{ij} \cdot c_{ij})$ が個人が施設を n_{ij} 回利用した後に残された予算、第2項の $(T - \sum_j n_{ij} \cdot t_{ij})$ が残された自由時間である。第3項の対数の真数を n_{ij} でなく $(1 + n_{ij})$ としたのは、 $n_{ij} = 0$ のときの効用の値がマイナス無限大になるのを避けるための便宜的なものである。

施設の利用価値 z_j とは、個人が施設の利用から得られる満足度を意味するものであり、それを貨幣単位で表現したものである。したがって、施設の利用者である個人によってこの値は異なる。また、利用価値 z_j は施設の規模や質にも大きく依存していると考えられる。利用価値 z_j を施設の利用行動を説明するための効用関数に組込んだ理由は、都市施設の利用価値がその利用回数を左右する要因と考えられるためである。また利用回数 n_{ij} は、ある基準となる期間、例えば1週間に施設を利用する回数を意味するものであり、その値は少数点以下の数値になることもありうる。したがって、利用回数 n_{ij} のとりうる値は非負の実数である。

また、関数形についてであるが、効用関数には、従来、線形型、対数型、CES型、VES型等が用いられている。線形型は最も一般的で単純な関数であり、効用は残された自由時間と所得、および利用価値に対して全く比例するという考えに基づいたものである。しかしながら、効用は残された自由時間と所得が小さい値をとるときには、それらに比例するが、値が大きくなるにしたがって効用の増加率は減少すると考えられる。また、利用価値についても、利用回数の増加とともに効用を増加させる割合は減少すると考えられる。すなわち、残された自由時間と所得、および利用回数に関して限界効用が逓減すると考えられる。そして、この関係をうまく表現する関数として、対数関数があげられる。また、CES型、VES型の関数を仮定した場合には、関数が複雑であるため、直感的にわかりにくく、計算も困難となる。以上より、ここでは比較的簡単で、わかりやすい対数型の効用関数を採用した。

第1項を $c_{ij} = 0$ のまわりに、第2項を $t_{ij} = 0$ のまわりにテイラー展開し、

さらに、都市公共施設の利用においては、個人の予算や自由時間のなかで比較的余裕がある部分を使って、行動が行われると考えられることから、予算と総費用、および自由時間と総利用時間の関係は、 $I \gg \sum_j n_{ij} \cdot c_{ij}$ 、 $T \gg \sum_j n_{ij} \cdot t_{ij}$ と仮定することができる。以上より、 U_i は次のように近似することができる。

$$U_i = \alpha \log(I) - \frac{\alpha}{I} \sum_j n_{ij} \cdot c_{ij} + \beta \log(T) - \frac{\beta}{T} \sum_j n_{ij} \cdot t_{ij} + \gamma \sum_j z_j \cdot \log(1 + n_{ij}) \quad (5-2)$$

一方、施設をまったく利用しない場合に個人のもつ効用を U_0 とすると、 U_0 は、式(5-2)からすべての n_{ij} を0とおいて求めることができる。

$$U_0 = \alpha \log(I) + \beta \log(T) \quad (5-3)$$

個人は施設を利用した場合の効用 U_i と利用しない場合の効用 U_0 を比較して利用するか否かを決定すると考えられる。施設を利用しない場合に比べ、 n_{ij} 回利用した場合に増加する効用 V_i は次の式で表される。

$$V_i = U_i - U_0 \quad (5-4)$$

式(5-4)の U_i 、 U_0 に式(5-2)と式(5-3)をそれぞれ代入する。

$$\begin{aligned} \therefore V_i &= -\frac{\alpha}{I} \sum_j n_{ij} \cdot c_{ij} - \frac{\beta}{T} \sum_j n_{ij} \cdot t_{ij} + \gamma \sum_j z_j \cdot \log(1 + n_{ij}) \\ &= -\sum_j n_{ij} \cdot \left(\frac{\alpha}{I} c_{ij} + \frac{\beta}{T} t_{ij} \right) + \gamma \sum_j z_j \cdot \log(1 + n_{ij}) \quad (5-5) \end{aligned}$$

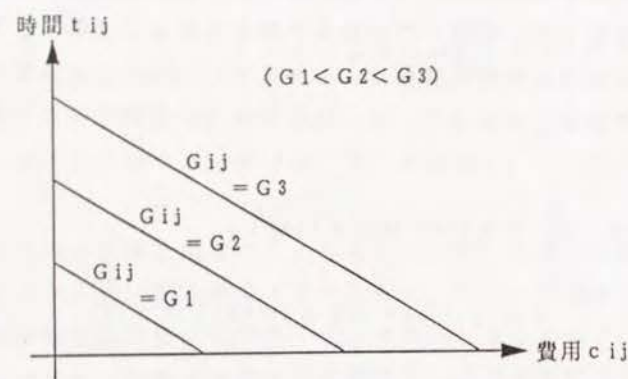


図5-1 一般化費用 G_{ij} と費用、時間の関係

ここで、

$$G_{ij} = \frac{\alpha}{I} c_{ij} + \frac{\beta}{T} t_{ij} \quad (5-6)$$

とおくと G_{ij} は効用の測定単位と同じ単位をもつ。式(5-6)において、第1項は施設の利用に伴う費用、第2項は施設の利用に伴う時間であり、一般化費用とよぶことにする。この一般化費用 G_{ij} と費用 c_{ij} 、時間 t_{ij} の関係は図5-1のように描くことができる。式(5-6)を式(5-5)に代入する。

$$\begin{aligned} V_i &= - \sum_j n_{ij} \cdot G_{ij} + \gamma \sum_j z_j \cdot \log(1 + n_{ij}) \\ &= \sum_j \{ -n_{ij} \cdot G_{ij} + \gamma z_j \cdot \log(1 + n_{ij}) \} \end{aligned} \quad (5-7)$$

以上のようにして、個人が施設を利用しない場合に比べ、各施設を n_{ij} 回利用した場合に増加する効用は式(5-5)、あるいは式(5-7)のように簡単に表すことができた。また、式(5-7)からわかるようにある施設 j を n_{ij} 回だけ利用したときに得られる効用を v_{ij} とすると、すべての施設の利用から得られる効用 V_i は、 v_{ij} をすべての施設について合計した値となる。

$$V_i = \sum_j v_{ij} \quad (5-8)$$

$$\text{ただし、} v_{ij} = -n_{ij} \cdot G_{ij} + \gamma z_j \cdot \log(1 + n_{ij})$$

すなわち、これまでに考慮した仮定のもとでは、各施設の利用から得られる効用の加法性が成立している。以下では、この V_i のことを、「施設の利用から得られる効用」と簡単に記述することにする。

5.3.2 利用行動モデルの導出

都市公共施設 i の利用者が効用最大化行動をとるものと仮定すると、配置された施設に対し、施設の利用から得られる効用が最大となるような利用回数を決定する。このときの利用回数を最適利用回数 n_{ij0} とよぶと、最適利用回数は式(5-5)を n_{ij} で偏微分し、0とおいて求めることができる。

$$\frac{\partial V_i}{\partial n_{ij}} = -\frac{\alpha}{I} c_{ij} - \frac{\beta}{T} t_{ij} + \frac{\gamma z_j}{1 + n_{ij}} = 0 \quad (5-9)$$

$$\frac{\partial^2 V_i}{\partial n_{ij}^2} = -\frac{\gamma z_j}{(1 + n_{ij})^2} \leq 0 \quad (5-10)$$

式(5-10)から効用 V_i は、 n_{ij} に対して上に凸であり、式(5-9)より V_i の最大値を与える利用回数 n_{ij0} は式(5-11)で求められる。

$$n_{ij0} = \frac{\gamma z_j}{\frac{\alpha}{I} c_{ij} + \frac{\beta}{T} t_{ij}} - 1 = \frac{\gamma z_j}{G_{ij}} - 1 \quad (5-11)$$

$$\text{ただし、} \frac{\gamma z_j}{G_{ij}} - 1 \leq 0 \quad \text{のとき} \quad n_{ij0} = 0$$

このときに得られる効用 V_{i0} は、次の式で表される。

$$\begin{aligned}
V_{i0} &= -\frac{\alpha}{I} \sum_j n_{ij0} \cdot c_{ij} - \frac{\beta}{T} \sum_j n_{ij0} \cdot t_{ij} \\
&\quad + \gamma \sum_j z_j \cdot \log(1 + n_{ij0}) \\
&= -\sum_j n_{ij0} \cdot G_{ij} + \gamma \sum_j z_j \cdot \log(1 + n_{ij0}) \\
&= \sum_j v_{ij0} \tag{5-12}
\end{aligned}$$

ただし、 $v_{ij0} = -n_{ij0} \cdot G_{ij} + \gamma z_j \cdot \log(1 + n_{ij0})$

5. 4 利用回数とその性質

5. 4. 1 最適利用回数

式(5-12)における v_{ij0} はゾーン*i*に住む住民が施設*j*の利用から得る効用の最大値であり、最適利用回数 n_{ij0} とその最大効用値 v_{ij0} の関係は、施設の種類や配置条件に依存している。すなわち、式(5-12)より、 n_{ij0} と v_{ij0} は施設の配置と利用者の居住地との間の交通条件 c_{ij} 、 t_{ij} 、利用者の個人属性 I 、 T 、および施設の利用価値 z_j によって規定される。以上の関係は図5-2のように表される。

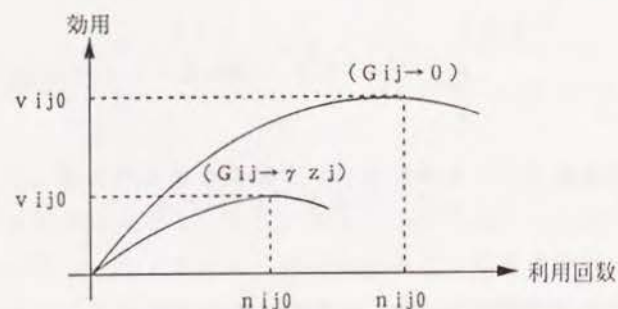


図5-2 最適利用回数 n_{ij0} と最大効用値 v_{ij0} との関係

図5-2より、効用 v_{ij} と施設の利用回数 n_{ij} との関係を描いた $v_{ij}-n_{ij}$ 曲線は上に凸の曲線で、その頂点は最大効用値 v_{ij0} に相当し、それに対する利用回数は最適利用回数 n_{ij0} である。曲線は一般化費用 G_{ij} と施設の利用価値 z_j との関係によって異なった形となる。一般化費用 G_{ij} が0に近づくことは、施設の1回の利用費用 c_{ij} と施設までの往復所要時間 t_{ij} が0に近づくことであり、この場合には、施設の利用価値 z_j が0でない限り、最適利用回数 n_{ij0} が増加し、これに伴い、最大効用値 V_{i0} も増加する。

次に、一般化費用 G_{ij} がパラメータ γ と施設の利用価値 z_j との積 γz_j に近づくと、 $v_{ij}-n_{ij}$ 曲線の山は小さくなる。すなわち、最適利用回数 n_{ij0} が0に近づき、最大効用値 v_{ij0} も0に近づく。さらに、 G_{ij} が γz_j より大きくなる場合、つまり、施設の1回利用に伴う一般化費用が施設の利用価値を上回るときには、効用 v_{ij} は負の値となり、仮りに、この条件下で施設を利用すれば負の効用が発生するから、施設は当然利用されないことになる。

5. 4. 2 利用回数とその影響要因の関係

次に、これまでに求めた最適利用回数 n_{ij0} とその影響要因との性質を調べる。式(5-11)で求められる最適利用回数 n_{ij0} は、効用関数の値を最大化する利用回数であり、現実の施設利用行動で住民が効用最大化行動をとっているという仮定のもとでは、この n_{ij0} が顕在化した利用回数となる。以下の議論は、常にこの n_{ij0} をとり扱ったものであるため、単に「利用回数」とよぶことにする。

(1) 利用回数 n_{ij0} と一般化費用 G_{ij} 、および利用価値 z_j の関係

式(5-11)より、利用回数 n_{ij0} と一般化費用 G_{ij} 、および利用価値 z_j の関係は図5-3のように描くことができる。図より、施設の利用価値が一定であれば一般化費用の増加とともに、つまり同じ施設であれば不便な所に配置されるとともに利用回数は指数的に減少することがわかる。そして、 $G_{ij} \geq \gamma z_j$ になれば、その施設は利用されなくなる。また、施設の位置と利用者の居住地とを固定して考えると一般化費用は一定であり、このときには当然利用価値の増加によって利用回数は直線的に増加することになる。

(2) 一般化費用 G_{ij} と利用価値 z_j の関係

式(5-11)を変形すると次の式(5-13)が得られる。

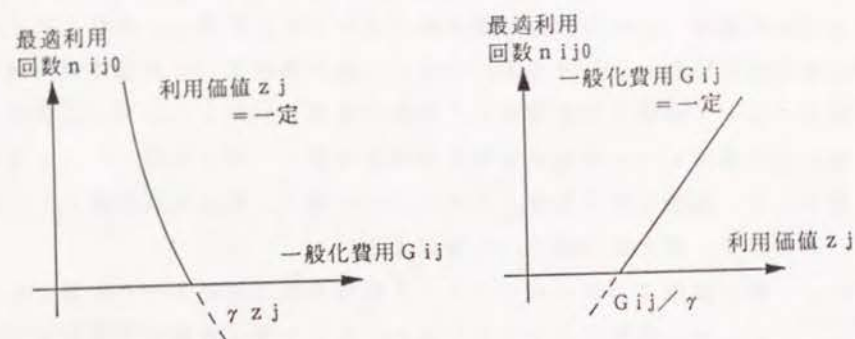


図 5-3 最適利用回数と一般化費用、および利用価値の関係

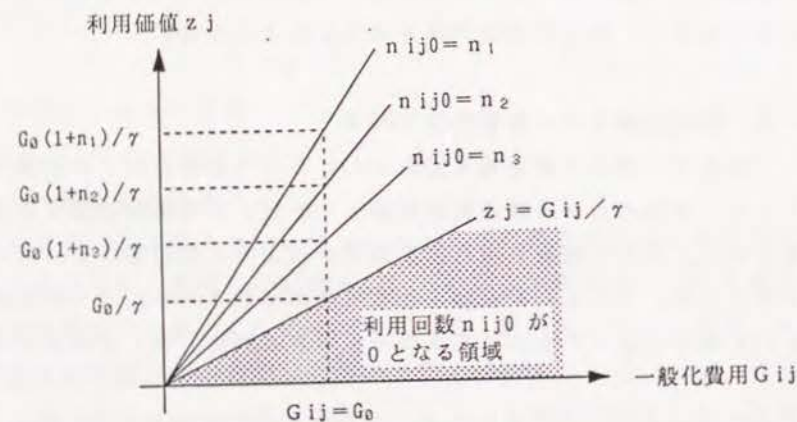


図 5-4 最適利用回数 n_{ij0} に対する一般化費用と利用価値の関係

$$z_j = \frac{G_{ij}}{\gamma} (1 + n_{ij0}) \quad (5-13)$$

式 (5-13) より、利用価値 z_j は一般化費用 G_{ij} に対して単調増加で、傾きが $(1 + n_{ij0}) / \gamma$ の直線であることがわかる。式 (5-13) の n_{ij0} をパラメータとして一般化費用 G_{ij} と利用価値 z_j の関係を描いたのが図 5-4 で

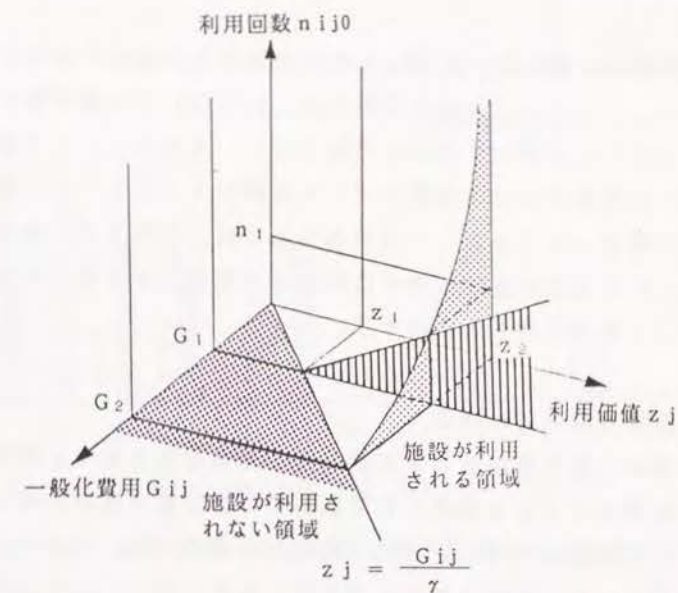


図 5-5 一般化費用、利用価値、および利用回数の空間的な関係

ある。この図からわかるように、同一の利用回数を考えた場合、その利用回数を保証するためには一般化費用の増加に対し、利用価値を $(1 + n_{ij0}) / \gamma$ の割合で増加させる必要がある。また、一般化費用が一定の場合には、利用者がその施設に多くの利用価値を認めている程利用回数が多くなる。

これまでに述べてきた一般化費用 G_{ij} と利用価値 z_j に対する利用回数 n_{ij0} の関係を空間的に描いたものが図 5-5 である。図において、施設が利用される空間は、 $n_{ij0} = (\gamma z_j / G_{ij}) - 1 > 0$ に相当する部分、すなわち $n_{ij0} = 0$ の平面より上で、 $z_j > G_{ij} / \gamma$ を満足する領域である。例えば、施設までの一般化費用が G_1 の利用者は、利用価値が z_1 を越えると利用することになり、さらに z_2 の利用価値を認めればその施設を n_1 回利用することになる。一方、施設からより離れた所に住み、施設に到達するのに必要な一般化費用が G_2 の利用者は利用価値が z_1 のときにはその施設を利用せず、更に大きい利用価値 z_2 を見いだしたときに初めて利用することになる。

5. 5 都市公共施設の需要構造の推定

本節ではこれまでに理論的に展開した個人の都市公共施設の利用行動モデルの実証分析を行う。ここでは、施設の整備状態と顕在化した利用回数の関係を定式化した式(5-11)を用いて理論の実証を行い、さらに5.4で議論した最適利用回数 n_{ij0} の性質を現実の施設を用いて考察する。ところで、施設の利用者が効用最大化行動をしているという仮定のもとでは、前節までに説明してきた最適利用回数 n_{ij0} が現実の施設に対する利用者の利用回数に相当するものであり、本節でも単に、「利用回数」と記述する。

5. 5. 1 公園の利用行動調査

実証分析のための都市施設として児童公園・児童遊園と都市公園を取りあげる。これらの施設は都市における市民の日常生活の中で必要の度合が高く、施設そのものも市民によく認識されているという理由から選出した。対象サンプルは、施設の配置が異常でなく、施設の利用において、まわりのゾーンからの影響が少なく、さらに、施設までの距離のデータが得やすいゾーンを対象として抽出した。データは徳島市内で実施されたこれらの施設の利用回数、および1回の利用価値(貨幣単位)等を直接住民に質問した調査資料から収集した¹⁰⁾。パラメータの推定では、モデルに含まれる変数である住民の居住地点から施設までの時間と費用に関するデータが各個人に対して得られなかったため、児童公園・児童遊園に関する分析では施設からの距離帯別のゾーンを、また都市公園では日常生活圏レベルのゾーンを設定し、これを単位として推定を行った。

表5-1に調査から得られた児童公園・児童遊園と都市公園の利用価値の平均値と標準偏差を、また図5-6にはその分布を示す。児童公園・児童遊園の利用

表5-1 児童公園・児童遊園と都市公園の利用価値

施設	平均値	標準偏差	サンプル数
児童公園 児童遊園	271円	281円	119
都市公園	251円	269円	1,117

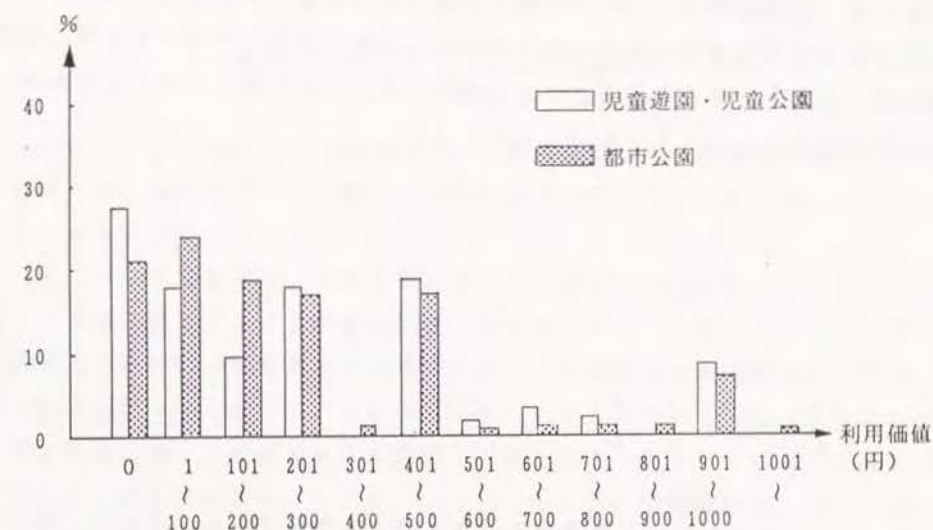


図5-6 児童公園・児童遊園と都市公園の利用価値の分布

価値の平均値は271円となっており、都市公園の251円に比べ高くなっている。しかし、その差は20円と大きくはなく、両公園の標準偏差も大差がないことから、両施設共に1つの公園としてのイメージでとらえられているように思われる。利用価値の分布は全体的に両公園共よく似ており、300円以下の人が7割を越えている。その中に利用価値を0円とする人がかなり存在し、児童公園・児童遊園では約27%、都市公園では約21%となっている。401~500円の割合が比較的多いのは、数字として区切りの良い500円を回答した人が多かったためであり、利用価値が500円程度の人は大まかに500円と答えているように思える。同じようなことが、利用価値を1,000円とした人にもいえる。

5. 5. 2 児童公園・児童遊園に対する需要構造

式(5-11)を変形すると次の式(5-14)が得られる。

$$1 + n_{ij0} = \frac{\gamma z_j}{\frac{\alpha}{1} c_{ij} + \frac{\beta}{T} t_{ij}} \quad (5-14)$$

児童公園・児童遊園は、一般に日常生活圏の中に数箇所設置されており、これらの施設を利用する場合には徒歩あるいは自転車等が利用されているため、交通費用はほとんど0と考えられる。さらに施設の窓口料金は無料であることから、施設の利用費用は $c_{ij} = 0$ とおくことができる。

$$1 + n_{ij0} = \frac{\gamma z_j}{\frac{\beta}{T} t_{ij}}$$

$$\therefore \frac{z_j}{1 + n_{ij0}} = \frac{1}{\gamma} \frac{\beta}{T} t_{ij} \quad (5-15)$$

式(5-15)において、 t は施設の利用に要する時間である。ここで、施設までの片道の所要時間を τ_{ij1} 、施設の利用時間は各施設で共通と仮定し、 τ_2 とし、さらに施設までの実距離を s_{ij} 、移動速度を v とすると、 t_{ij} は次の式(5-16)で表される。

$$t_{ij} = 2\tau_{ij1} + \tau_2$$

$$= \frac{2s_{ij}}{v} + \tau_2 \quad (5-16)$$

式(5-16)を式(5-15)に代入する。

$$\frac{z_j}{1 + n_{ij0}} = \frac{1}{\gamma} \frac{\beta}{T} \left(\frac{2s_{ij}}{v} + \tau_2 \right)$$

$$\therefore \frac{z_j}{1 + n_{ij0}} = A s_{ij} + B \quad (5-17)$$

$$\text{ただし、} A = \frac{1}{\gamma} \frac{\beta}{T} \frac{2}{v}, \quad B = \frac{1}{\gamma} \frac{\beta}{T} \tau_2$$

A, B: 施設の種類によって異なった値をとるパラメータ

式(5-17)に対し、利用回数 n_{ij0} と利用価値 z_j は住民の施設利用状況調査のデータ、施設までの実距離 s_{ij} は地図上で実測したデータを用いてパラメータ A, B を求めた。

パラメータの推定では、地図上で実測した施設までの距離を 100 m ごとに区分し、その区間のサンプルの平均距離 (m) を作成し、また、5. 5. 1 で説明した住民の施設利用状況調査から得られた 1 カ月間の施設利用回数の平均値、および利用価値の平均値 (円) を算出し、データとして用いた¹¹⁾。すべてのサンプルは児童公園・児童遊園からの距離が 1 Km 以内に含まれている。ここでは、式(5-17)の左辺の $z_j / (1 + n_{ij0})$ を 1 つの従属変数とみなし、最小 2 乗法による単回帰分析を行いパラメータを求めた。そのときの従属変数の値は独立変数の距離の増加と共に増加しており、30 ~ 100 の間の値であった。ここで推定されたパラメータを用いて利用回数 n_{ij0} を表すと次の式のようにになる。

$$n_{ij0} = \frac{z_j}{0.062 s_{ij} + 48.938} - 1 \quad (R = 0.939) \quad (5-18)$$

[5.23] [8.51]

ただし、[] 内の数値は t 値である。

式(5-18)の関係を描いたのが図 5-7 であり、施設の利用回数 n_{ij0} は、施設までの距離 s_{ij} と利用価値 z_j との相互関係に依存しているが、式(5-18)のパラメータが推定されたことによってこの関係を説明することができる。

図をみるとこの地区における児童公園・児童遊園の利用回数は、利用者のもつ利用価値に大きく依存していることがわかる。例えば、施設から 500 m 離れたところに住む利用者は、その利用価値が約 160 円と思ったとき、すなわち図上の点 P の状態のときに月に 1 回利用することになり、利用価値が約 80 円上昇するごとに利用回数が 1 回ずつ増加する。そして、利用価値が約 480 円、すなわち図上の点 Q の状態になれば、1 カ月に 5 回利用することになる。一方、この曲線は距離に対して利用回数の変化が少なく、任意の利用価値に対する利用回数は、

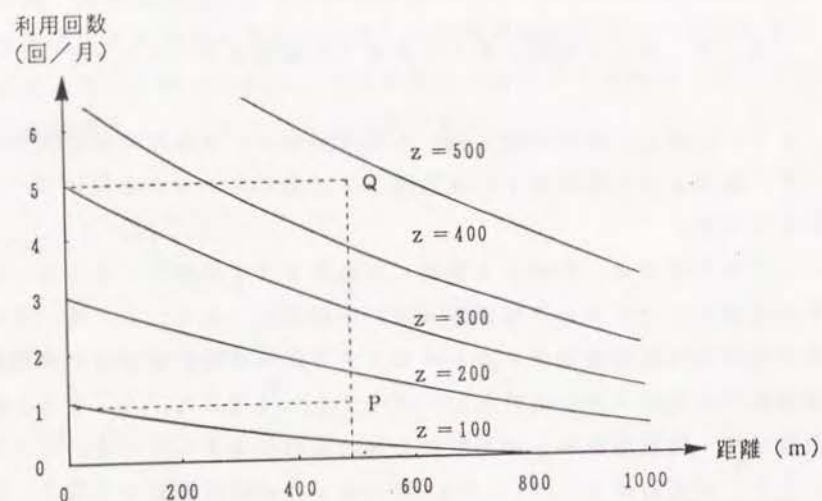


図5-7 児童公園・児童遊園の利用における施設までの距離と利用回数の関係

施設からの距離が異なっても大きな差はないことがわかる。この理由は、児童公園・児童遊園は近隣住区内に数箇所設置されており、施設から最も近い利用者でも1,000m以内であることから、施設に到達するのに要する負担をほとんど感じていないためであると考えられる。

また、施設から遠ざかるにしたがって利用回数は減少するが、利用回数が0となる距離、すなわちその施設が利用されなくなる距離を限界距離 s_{ij0} とよぶと、この限界距離 s_{ij0} は式(5-17)より $n_{ij0} = 0$ において求められ、次の式で表されるように利用価値に依存している。

$$s_{ij0} = \frac{z_{ij} - B}{A}$$

$$= \frac{z_{ij} - 48.938}{0.062} = 16.129 z_{ij} - 789 \quad (5-19)$$

例えば、利用価値が100円である人は、施設から824m以上離れると施設を利用しなくなる。ところで、限界距離 s_{ij0} を決定するこの利用価値は、先に

も述べたように施設の規模や質によって大きく異なるため、施設の配置計画を行うときには、これらの要因の関係を十分吟味する必要がある。また、式(5-19)により算出される s_{ij0} は、施設を配置するときに規範とされている誘致距離の検討に有効な情報を与えるものである¹²⁾。

5. 5. 3 都市公園に対する需要構造

徳島市街地の中心部には、面積が約15haの総合公園(「徳島中央公園」)がある。ここでは、この都市公園を対象として、式(5-11)を変形した次の式(5-20)を用いて需要構造の分析を行う。

$$\frac{\gamma z_{ij}}{1 + n_{ij0}} = \frac{\alpha}{I} c_{ij} + \frac{\beta}{T} t_{ij}$$

$$\therefore \frac{z_{ij}}{1 + n_{ij0}} = \frac{1}{\gamma} \frac{\alpha}{I} c_{ij} + \frac{1}{\gamma} \frac{\beta}{T} t_{ij} \quad (5-20)$$

式(5-20)には α 、 β 、 γ のパラメータが含まれている。ここでも、 t_{ij} は施設の利用に要する時間であることから施設までの片道の所要時間を τ_{ij1} 、施設の利用時間は各施設で共通な τ_2 として、 $t_{ij} = 2\tau_{ij1} + \tau_2$ と表しておく。また、片道の交通費用を π_{ij1} 、施設の窓口料金を π_2 とすると施設の利用に要する費用は $c = 2\pi_{ij1} + \pi_2$ と表される。ただし、都市公園についても窓口料金は0と考えられる。このようにして、式(5-20)から次の式のような新しいパラメータを用いた式に変形する。

$$\frac{z_{ij}}{1 + n_{ij0}} = \frac{1}{\gamma} \frac{\alpha}{I} (2\pi_{ij1}) + \frac{1}{\gamma} \frac{\beta}{T} (2\tau_{ij1} + \tau_2)$$

$$\therefore \frac{z_{ij}}{1 + n_{ij0}} = D\pi_{ij1} + E\tau_{ij1} + F \quad (5-21)$$

$$\text{ただし、} D = \frac{2}{\gamma} \frac{\alpha}{I}, \quad E = \frac{2}{\gamma} \frac{\beta}{T}, \quad F = \frac{1}{\gamma} \frac{\beta}{T} \tau_2$$

D, E, F: 施設の種類によって異なった値をとるパラメータ

式(5-21)に対し、利用回数 n_{ij0} と利用価値 z_j は5.5.1で説明した住民の施設利用状況調査のデータを用いた¹³⁾。また、施設利用に要する費用 π_{ij} と時間 τ_{ij} は公園を利用する際の交通機関の調査データを用いて、地図上で実測した距離のデータから変換した^{14), 15)}。

パラメータの推定では、徳島市内において市街地を形成し、かつ地形的にはほぼ同質とみなせる行政区ゾーン(小学校区とほぼ一致)を1つのサンプルとして、公園から約5km以内にある14ゾーンを選出した。データとしては、利用回数はゾーン内に住む被験者の1カ月の利用回数の平均値、利用価値も同様にその平均値を用い、また費用と時間も各ゾーンの被験者の交通機関分担率を考慮して片道の平均値を算出した。ここでも、式(5-21)の左辺の $z_j / (1 + n_{ij0})$ を1つの従属変数とみなして、最小2乗法による重回帰分析を行いパラメータを推定した。そのときの従属変数の値は独立変数の費用 π_{ij} と時間 τ_{ij} に対してほぼ比例的に増加しており、9.4~80.0間の値であることがわかった。このようにして推定されたパラメータを用いて利用回数 n_{ij0} を表すと次の式のようなになる。

$$n_{ij0} = \frac{z_j}{G_{ij}} - 1 \quad (5-22)$$

$$\text{ただし、} G = 0.506\pi_{ij} + 0.911\tau_{ij} + 14.250$$

[1.542] [0.527] [1.448]

$$= 0.253c_{ij} + 0.456(t_{ij} + 31.250) \quad (R=0.828)$$

ただし、[]内の数値はt値である。

式(5-22)が得られたことによって、都市公園の利用においてある一定の利用回数を保証するための一般化費用 G_{ij} と利用価値 z_j との関係を明らかにすることができる。まず、推定されたパラメータを用いて一般化費用 G_{ij} に対する

施設利用に要する費用 c_{ij} と時間 t_{ij} の関係を調べると、所要時間1時間に対し費用が約108円となっており、この公園の利用に対する一般的な費用負担においては、費用に比べ時間がかなり軽視されていることがわかる。

次に、推定された式(5-22)から総合公園の利用回数は、先に分析した児童公園・児童遊園に比べ、施設利用に要する一般化費用にもかなりの影響を受けていることがわかる。例えば、利用価値が200円の利用者は一般化費用が100円(交通費用が0円のと看、片道所要時間が94分程度に相当)以下のところに住んでいれば月に1回以上利用し、一般化費用が40円(交通費用が0円のと看、片道所要時間が28分程度に相当)以下のところに住んでいれば月に4回以上利用することになる。この理由は、このような公園は都市内に数箇所しか設置されておらず、児童公園・児童遊園に比べ、施設に到達するのに要する負担がかなり大きく感じられているためであると考えられる。また、施設の利用価値も利用回数を決定する要因となっており、施設に到達するための一般化費用が50円(交通費用が0円のと看、片道所要時間が39分程度に相当)の利用者は利用価値が100円以上で1カ月1回以上、500円以上であれば9回以上利用することになる。

5.6 結 語

本章では、都市公共施設の利用者の需要構造を明らかにすることを目的として、利用者の効用を仮定し、効用最大化理論から施設の利用行動モデルを導いた。このモデルは利用者の施設の需要構造を理論的に表現したものであり、その内容について様々な考察を行った。そして、施設利用行動モデルの実証分析を行い、モデルの有効性を検討するとともに公園利用における需要構造を推定した。施設への需要は、その施設からの限界距離内にある各地区の利用対象者数と、この理論から求められる利用回数とによって容易に求めることができるから、本章で導いた理論は今後の施設の配置計画にとって重要な情報を提供できる基礎理論であると考えられる。

まず最初に、5.2では、本研究の視点および従来の研究との関連について述べた。その内容は次のようにまとめられる。

① 本章での研究内容は、施設の利用者の立場から都市公共施設の需要構造を明らかにすることを目的としたものであり、その特徴の1つに、都市公共施設の

利用者の行動は施設の利用によって得られる効用に左右されるという考えのもとに、施設の利用者の行動を効用に基づく個人行動モデルとして定式化したことがあげられる。

- ② 効用を基礎におく個人行動モデルについては、第2章において従来の研究を整理し、その中で説明を行ったが、本章で提案するモデルは、制約条件のない効用最大化モデルである。

次に、5.3では、都市公共施設の利用者の需要行動を説明するために利用者の効用関数を定式化し、利用者は施設の利用において効用を最大化する行動をとるという仮定に基づいて、施設の整備状態と施設の利用回数の関係をモデル化した。モデル化の過程で得られた成果は次のようにまとめられる。

- ① 個人の施設の需要行動を説明するための基礎概念である利用者の効用関数を、利用者に与えられた自由時間、所得、施設利用に伴う費用と時間、および施設利用から得られる利用価値を用いて定式化することができた。
- ② 個人は施設の利用において効用を最大化しているという仮説に基づいて施設の利用行動モデルを導いた。このモデルによって効用を最大にする最適利用回数 n_{ij0} 、およびこのときの最大効用値 V_{i0} が、施設の実態である1回の施設利用に要する費用 c_{ij} 、施設の利用に要する時間 t_{ij} 、および1回の利用価値 z_j によって表されることを明らかにした。

5.4では、5.3で得られたモデルに対し、施設の利用回数とその性質について考察を行った。その成果は次のようにまとめられる。

- ① 都市公共施設の利用行動モデルにおける利用回数 n_{ij0} の性質を調べるとともに、利用回数と施設の利用に要する費用 c_{ij} 、時間 t_{ij} 、および施設の利用価値 z_j との関係を明らかにし、施設の立地特性に対する需要行動のメカニズムを説明した。
- ② 利用回数 n_{ij0} は、施設の利用に要する費用 c_{ij} と時間 t_{ij} から成る一般化費用 G_{ij} の増加に対して単調減少し、一方、施設の利用価値 z_j の増加に対しては線形的に増加することを説明し、その関数関係も明らかにした。

そして、5.5では、5.3で定式化した施設の整備状態と利用回数の関係の実証分析として、徳島市にある児童公園・児童遊園、および都市公園を対象として施設の需要構造を解明した。その成果は次のようにまとめられる。

- ① 児童公園・児童遊園と都市総合公園の2つの施設を対象として需要構造の分析を行った。まず、児童公園・児童遊園と都市総合公園の利用行動調査によっ

て、それらの施設の利用価値の平均値がそれぞれ271円と251円であり、大差がないことがわかった。

- ② 都市公共施設の利用行動モデルを応用して、児童公園・児童遊園と都市総合公園の利用回数と公園までの距離、利用に要する費用、および利用価値との関係をそれぞれ推定したところ、いずれもかなりの精度の関係が推定でき、住民の児童公園・児童遊園と都市総合公園に対する需要構造を明らかにすることができた。

[第5章 参考文献]

- 1) 土木学会編：非集計行動モデルの理論と実際，第15回土木学会講習会テキスト，1984。
- 2) 原田，太田，新谷：非集計行動モデルによる新駅利用量の予測方法とその評価，土木学会論文集，第347号／-1，pp.49～58，1984。
- 3) 森地，屋井，藤井，竹内：買回品買物行動における商業地選択分析，土木計画学研究・論文集，NO. 1，pp.27～34，1984。
- 4) 例えば，Richardson, H. W. : The New Urban Economics and Alternatives, Pion Ltd., 1977。
- 5) 土木学会編：交通需要予測ハンドブック，技報堂，1981。
- 6) 青山，近藤：効用最大化による都市施設の利用行動理論に関する基礎的研究，土木学会論文集，第377号／-6，pp.89～96，1987。
- 7) 青山，近藤，多智花：都市施設に対する需要行動理論に関する考察，土木学会第39回年次学術講演会講演概要集第4部，pp.39～40，1984。
- 8) Manheim, M. L. : Fundamentals of Transportation Systems Analysis, The MIT Press, 1979。
- 9) 青山吉隆：公共サービス施設の評価と需要予測の方法に関する研究，都市計画学術研究発表会論文集，第8号，pp.129～134，1973。
- 10) 徳島市の生活環境施設の在り方に関する研究会：徳島市の生活環境施設の在り方に関する研究報告書，1985。
- 11) 上掲 10)
- 12) 加藤，河上：都市計画概論，共立出版，1977。
- 13) 上掲 10)
- 14) 徳島広域都市圏パーソン・トリップ調査研究会：徳島広域都市圏パーソン・トリップ調査報告書（実態調査・データ整備編），1984。
- 15) 徳島広域都市圏パーソン・トリップ調査研究会：徳島広域都市圏パーソン・トリップ調査報告書 No. 1（現況認識編），1985。

第6章 効用最大化による商業施設の利用行動のモデル化とその応用

6.1 概説

都市住民の消費水準の上昇とともに買物需要は増大かつ多様化している。それと相まって商業環境も急速に変化しつつある。消費者の商業施設の利用行動がモデル化できれば、今後さらに変化するであろう買物行動の予測が可能になるばかりでなく、商業施設にとっても経営戦略上有効な資料になる。このような背景から、本章では、消費者の商業施設の利用行動をモデル化し、それに基づく買物需要の予測方法を提案し、さらにモデルの応用として商業施設の利用からみた道路整備効果の分析を行う。

まず最初に、6.2では、本研究の視点および従来の研究との関連について述べる。次に、6.3では、消費者の商業施設の利用時における効用最大化の仮説に基づき、商業施設の利用行動を理論的にモデル化し、行動モデルを導出する。さらに、このモデルに基づき、商業施設側からみた買物者数の需要予測、商業施設のマーケット・シェアの算出方法について述べる。6.4では、商業施設の商圏を定義し、商業施設の利用行動モデルを応用した商圏の推定方法について説明する。6.5では、6.3と6.4で提案したモデルと商圏を応用して交通施設整備と商業施設の立地が商業施設の利用と商圏に及ぼす影響を計量する方法を説明する。そして、6.6では、道路整備が商業施設の利用に及ぼす影響を計量した事例を紹介する。最後に、6.7では、本章で得られた成果をまとめる。

6.2 本研究の視点および従来の研究との関連

商業施設の利用行動、すなわち買物行動については、従来から多くの研究が報告されており、第2章でも触れたように、特に、Reillyの小売りグラビティの法則やHuffのポテンシャルの概念等がよく知られている。Reillyのモデルは物理学のニュートンの法則を応用した経験則であり、買物センターの吸引力はその都市の人口に比例し、買物センターまでの距離の2乗に反比例するという構造となっている¹⁾。Reillyは、このモデルを100マイル以上離れた大都市間に適用し、各都市の商圏を推定しているが、モデルそのものの行動学的な裏づけがなされていない²⁾。Huffもグラビティ型のモデルを用いているが、モデルに含

まれる距離関数 $1/d^r$ におけるパラメータ r の値に関する考察を試みている。また、買物センターの吸引力の指標として人口以外に、買物センターの魅力度を表す売場延床面積を用いている³⁾。グラビティ型のモデルは買物行動を説明するのに優れたモデルであったため、このようによく用いられたが、理論的根拠や経済学的な解釈の欠如が問題点として残されていた。

Niedercorn and Bechdolt⁴⁾、Golob and Beckmann⁵⁾、さらに、Golob、Gustafson and Beckmann⁶⁾らは、空間における人の行動は効用で説明できると考え、個人の効用関数を仮定し、個人は効用最大化行動をとるという前提のもとに、理論的なモデルを構築している。この方法は、個人の行動を1つの型に入れたものと理解し、効用関数で個人の選好をすべて説明しようとするものであり、理論が明確でわかりやすいという長所がある⁷⁾。一方、個人の行動を効用最大化仮説に入れてしまう方法とは対照的に、確率論に基づいて個人の行動モデルを作成する研究がある。Stopher and Lisco⁸⁾、Stopher and Lavender⁹⁾、Talvitie¹⁰⁾らは、個人の選択行動はランダムに行われているという仮定に基づいてロジットモデルやプロビットモデルによって個人行動を定式化している。これと同じアプローチを用いた研究はわが国でも多くみられ、買物行動を扱ったものには、本多¹¹⁾、松本、熊倉、松岡¹²⁾、森地、屋井、藤井、竹内¹³⁾らがある。

このように多くの研究成果が報告されているなか、本研究では、消費者の商業施設の利用における行動原理を明らかにし、それに基づいて行動モデルを理論的に導き、経済的な解釈を与えることを目的の1つとしている。商業施設の利用行動のモデル化において、本研究でとったアプローチは、上で述べた方向性の異なった2つのアプローチのうち、前者の方法、すなわち商業施設の利用に対する個人の行動は、彼のもつ効用を最大化しているという考えに基づくものである。買物には明らかに目的地（商業施設）が存在し、そこで目的を達成する（買物をする）ことによって、個人は効用を得ることから、Niedercorn and Bechdolt¹⁴⁾らの考え方と同じように、効用関数を移動機会と目的地の特性（商業施設の魅力度）を用いて行動を定式化している。そして、個人のもつ自由時間を制約条件とし、効用最大化の仮説に基づき、商業施設の利用行動モデルを理論的に導出する。そして、このモデルの応用として、商業施設からみた買物者数の需要予測、商業施設のマーケット・シェアの算出方法、商圏の推定方法、さらに、交通施設整備と商業施設の立地が商業施設の利用と商圏に及ぼす影響の計量方法に関する議論を展開する。

6. 3 商業施設の利用行動のモデル化¹⁵⁾

6. 3. 1 利用行動の仮説と定式化

居住地 i に住む消費者が商業施設 j に買物に行く場合を考える。ある単位期間内（たとえば、1週間、1ヵ月）に彼が商業施設を n_{ij} 回利用するとき、すなわち n_{ij} 回の買物に行くときに得る効用を u_{ij} とし、 u_{ij} は利用回数 n_{ij} とその商業施設 j の魅力度 Z_j の関数であるとの仮説をおく。そこで商業施設の利用行動の効用関数として、 n_{ij} と Z_j を用いた式（6-1）を仮定する。

$$u_{ij} = Z_j \cdot n_{ij}^{\gamma} \quad (6-1)$$

ただし、 γ ：パラメータ

効用関数では、 $n_{ij}=1$ のとき $u_{ij}=Z_j$ であるから、 Z_j は商業施設 j へたった1回だけ買物に行くことによって得られる効用となる。また、限界効用は、式（6-2）で表される。

$$\frac{\partial u_{ij}}{\partial n_{ij}} = \gamma Z_j \cdot n_{ij}^{\gamma-1} \quad (6-2)$$

さらに、2階の微分により式（6-3）を得る。

$$\frac{\partial^2 u_{ij}}{\partial n_{ij}^2} = \gamma(\gamma-1) Z_j \cdot n_{ij}^{\gamma-2} \quad (6-3)$$

ここで、限界効用が逓減することを仮定すれば、 $\partial^2 u_{ij} / \partial n_{ij}^2 < 0$ より、 $0 < \gamma < 1$ でなければならない。式（6-1）より、居住地 i に住む人がすべての商業施設の利用から得られる効用 U_i は式（6-4）で表される。

$$U_i = \sum_j u_{ij} = \sum_j Z_j \cdot n_{ij}^{\gamma} \quad (6-4)$$

ところで、居住地 i から商業施設 j までの時間距離を t_{ij} とすると、居住地 i に住む消費者が商業施設を n_{ij} 回利用すれば、居住地と商業施設間の移動に $t_{ij} \cdot n_{ij}$ の時間を消費することになる。この消費者が商業施設への移動に使える自由時間を T とおくと、移動に消費する総時間は T 以下でなければならないから式 (6-5) が成立する。

$$\sum_j t_{ij} \cdot n_{ij} \leq T \quad (6-5)$$

商業施設の利用行動ではすべての人が効用を最大化するように利用回数 n_{ij} を決定すると仮定すれば、式 (6-4) と (6-5) より、次の最大化問題が定式化できる。

$$\text{Max} \quad U_i = \sum_j Z_j \cdot n_{ij}^\gamma \quad (6-6)$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_j t_{ij} \cdot n_{ij} \leq T \quad (6-7)$$

6. 3. 2 利用行動モデルの導出¹⁶⁾

さて、商業施設の利用行動において消費者が効用 U_i を最大にするように利用回数を決定すると仮定すれば、そのときの利用回数は式 (6-6)、(6-7) の問題を解いて求めることができる。そして、この問題はラグランジェの未定乗数法にキューン・タッカーの定理を用いて解くことができる。ラグランジェ関数は式 (6-8) で表される。

$$L(n_{ij}, \lambda) = \sum_j Z_j \cdot n_{ij}^\gamma + \lambda (T - \sum_j t_{ij} \cdot n_{ij}) \quad (6-8)$$

ただし、 λ : ラグランジェ乗数 ($\lambda \geq 0$)

これより、最大化のための必要条件は、式 (6-9)、(6-10)、(6-1

1) となる。

$$\frac{\partial L}{\partial n_{ij}} = \gamma Z_j \cdot n_{ij}^{\gamma-1} - \lambda t_{ij} = 0 \quad (6-9)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = T - \sum_j t_{ij} \cdot n_{ij} \geq 0 \quad (6-10)$$

$$\lambda \frac{\partial L}{\partial \lambda} = \lambda (T - \sum_j t_{ij} \cdot n_{ij}) = 0 \quad (6-11)$$

ところで、最適化問題 (6-6)、(6-7) において、任意の i に対して関数 $U_i = \sum_j Z_j \cdot n_{ij}^\gamma$ は、 $0 < \gamma < 1$ であることから明らかに凹関数である。一方、式 (6-7) の左辺を関数 $f = \sum_j t_{ij} \cdot n_{ij}$ とおくと、関数 f は線形であることから凸関数とみなすことができる。この2つの条件が満たされたことにより、式 (6-9)、(6-10)、(6-11) から求められる n_{ij} は、明らかに問題 (6-6) (6-7) の最適解であるための必要十分条件を満足している。式 (6-9) より、 n_{ij} は式 (6-12) で表される。

$$n_{ij} = \left(\frac{\lambda}{\gamma} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \cdot \left(\frac{t_{ij}}{Z_j} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \quad (6-12)$$

また、式 (6-9) において、 $\gamma Z_j \cdot n_{ij}^{\gamma-1} > 0$ であるから $\lambda \neq 0$ となり、式 (6-11) より、自由時間 T は次式の条件を満たすことになる。

$$T = \sum_j t_{ij} \cdot n_{ij} \quad (6-13)$$

λ を消去すると、式 (6-14) が得られる。

$$n_{ij} = \frac{(t_{ij}/Z_j)^{\frac{1}{\gamma-1}} \cdot T}{\sum_k (t_{ik}^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} / Z_k^{\frac{1}{\gamma-1}})} \quad (6-14)$$

$\beta = 1/(1-\gamma)$ とおくと、 $\beta > 1$ であり、式 (6-14) はパラメータ γ の代わりに β を用いると次のように表すことができる。

$$n_{ij} = \frac{(Z_j/t_{ij})^\beta \cdot T}{\sum_k (Z_k^\beta / t_{ik}^{\beta-1})} \quad (6-15)$$

ここで表現を簡単にするために新しい変数を定義する。

$$W_j = Z_j^\beta \quad (6-16)$$

$$K_i = \sum_k (Z_k^\beta / t_{ik}^{\beta-1}) \quad (6-17)$$

以上より、商業施設の利用回数 n_{ij} は式 (6-18) で表すことができる。

$$n_{ij} = \frac{T \cdot Z_j^\beta}{K_i \cdot t_{ij}^\beta} = \frac{T \cdot W_j}{K_i \cdot t_{ij}^\beta} \quad (6-18)$$

すなわち、居住地 i に住む消費者が商業施設 j を利用する回数は商業施設 j の魅力度 Z_j の β 乗に比例し、居住地 i から商業施設 j までの時間距離 t_{ij} の β 乗に反比例することになる。また式 (6-17) に含まれる商業施設の魅力度 Z_j は外生的に与えられる変数であり、 K_i はこの商業施設の魅力度と居住地 i から

商業施設 k までの時間距離の比をすべての商業施設について合計したものであるから、ある時点で存在する商業施設を考えた場合、商業施設から相対的に離れたところにある居住地の K_i は小さく、商業施設の近くにある居住地の K_i は大きくなる。したがって、この K_i はすべての商業施設に対する居住地 i のアクセシビリティと解釈でき、 K_i が大きい居住地ほど買物の利便性が高いことになる。ここで得られた式 (6-18) における Z_j/t_{ij} は、居住地 i に対する商業施設 j の吸引力を意味しており、Huff のモデル¹⁷⁾に相当する。

6. 3. 3 買物需要とマーケット・シェア

式 (6-18) で与えられる n_{ij} は居住地 i に住む 1 人の消費者が実際に商業施設 j を利用する回数であるから、居住地 i の人口を N_i とすれば、居住地 i から商業施設 j への延べ買物者数 X_{ij} は式 (6-19) となり、グラビティモデルが導かれる。

$$X_{ij} = N_i \cdot n_{ij} = \frac{T \cdot N_i \cdot W_j}{K_i \cdot t_{ij}^\beta} \quad (6-19)$$

また、商業施設 j への総買物者数 D_j は、次式で与えられる。

$$D_j = \sum_i N_i \cdot n_{ij} = T \cdot W_j \sum_i \frac{1}{K_i} \cdot \frac{N_i}{t_{ij}^\beta} \quad (6-20)$$

式 (6-20) において $L_j = \sum_i \{N_i / (K_i \cdot t_{ij}^\beta)\}$ とおくと、 L_j は商業施設 j からみた商業施設の利用における立地条件を表している。

さらに、居住地 i の人がすべての商業施設の中から商業施設 j を選択する確率 q_{ij} は式 (6-21) で表せる。

$$q_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_k n_{ik}} = \frac{W_j / t_{ij}^\beta}{\sum_k (W_k / t_{ik}^\beta)} \quad (6-21)$$

こうして、Huff の買物行動の商業施設選択の確率モデルが理論的に導かれた。

商業施設 i の総需要は式 (6-20) の D_j であるから、都市全体における商業施設 j のマーケット・シェア R_j は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} R_j &= \frac{D_j}{\sum_k D_k} \\ &= \frac{W_j \sum_i \{N_i / (K_i \cdot t_{ij}^\beta)\}}{\sum_k \{W_k \sum_i \{N_i / (K_i \cdot t_{ik}^\beta)\}\}} \\ &= \frac{W_j \cdot L_j}{\sum_k W_k \cdot L_k} \quad (6-22) \end{aligned}$$

すなわち、マーケット・シェアは商業施設の魅力度の β 乗である W_j と立地条件 L_j の積に比例する。

6. 4 商 圏¹⁸⁾

6. 4. 1 商圏の定義

ある居住地 i において、すべての商業施設への1人当たりの利用回数 n_{ij} のうちで、 n_{ik} が最大であるとき、居住地 i は商業施設 k の商圏にあると定義する。すなわち、 $M = \{1, 2, \dots, m\}$ とすれば居住地 i が商業施設 k の商圏に属するのは式 (6-23) が成立するときである。

$$n_{ik} = \max_{j \in M} \{n_{ij}\} \quad (6-23)$$

6. 4. 2 商圏の設定方法

いま、2つの商業施設 A, B があり、それぞれの魅力度を Z_A, Z_B とする。また、任意の居住地 P から商業施設 A, B までの時間距離を t_A, t_B とすると、居住地 P のそれぞれの商業施設の利用回数 n_A, n_B は、式 (6-18) より、式 (6-24) で表される。

$$n_A = \frac{T}{K} \left(\frac{Z_A}{t_A} \right)^\beta, \quad n_B = \frac{T}{K} \left(\frac{Z_B}{t_B} \right)^\beta \quad (6-24)$$

ただし、

$$K = \frac{Z_A^\beta}{t_A^{\beta-1}} + \frac{Z_B^\beta}{t_B^{\beta-1}} \quad (6-25)$$

ところで、居住地 P から2つの商業施設 A, B までの空間距離を d_A, d_B とすると、 d_A, d_B は居住地 P からそれぞれの商業施設に移動する際の平均速度 v_A, v_B を用いて次の式 (6-26) で表される。

$$\begin{aligned} d_A &= v_A \cdot t_A \\ d_B &= v_B \cdot t_B \end{aligned} \quad (6-26)$$

2つの商業施設 A, B への1人当たりの利用回数が等しい点の軌跡は、商圏の境界を表しており、仮りに点 P がこれを満足していると考え、 $n_A = n_B$ より、式 (6-24) と (6-26) から式 (6-27) が成立する。

$$\frac{Z_A \cdot v_A}{d_A} = \frac{Z_B \cdot v_B}{d_B} \quad (6-27)$$

この商圏の境界上の点から2つの商業施設 A, B までの距離の比 d_A / d_B は、次の式 (6-28) で表される。

$$\frac{d_A}{d_B} = \frac{v_A}{v_B} \cdot \frac{Z_A}{Z_B} \quad (6-28)$$

式(6-28)より、利用回数が等しい2つの商業施設までの距離の比は、それぞれの商業施設に到達する平均速度の比に比例し、また商業施設の魅力度に比例していることがわかる。

ところで、商業施設A、Bに対して、 $Z_A > Z_B$ としても一般性を失わないことから、居住地Pの座標を (x, y) 、2つの商業施設の空間距離を d とすると、 $d_A = \sqrt{x^2 + y^2}$ 、 $d_B = \sqrt{(d-x)^2 + y^2}$ であるから、式(6-28)より、商業施設AとBの魅力度の比は次式のように表すことができる。

$$\frac{Z_A}{Z_B} = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{\sqrt{(d-x)^2 + y^2}} \cdot \frac{v_B}{v_A} \quad (6-29)$$

式(6-29)を展開して、式(6-30)を得る。

$$(x-e)^2 + y^2 = r^2 \quad (6-30)$$

式(6-30)において、 e 、 r は次式で示される。

$$e = \frac{d}{1 - \{(Z_B \cdot v_B) / (Z_A \cdot v_A)\}^2} \quad (6-31)$$

$$r = \frac{v_B}{v_A} \cdot \frac{Z_B}{Z_A} \cdot e$$

$$= \frac{d}{(Z_A \cdot v_A) / (Z_B \cdot v_B) - (Z_B \cdot v_B) / (Z_A \cdot v_A)} \quad (6-32)$$

すなわち、点Pの軌跡は点O($e, 0$)を中心とする半径 r の円である。この関係

は図6-1のように描くことができる。この円とx軸との交点をC、Dとすれば、点CはAB間の距離 d を $v_A Z_A : v_B Z_B$ に内分する点であり、点Dは外分する点である。式(6-27)と比較すると明らかなようにこの円の外側では式(6-33)が、また円の内側では式(6-34)が成り立つ。

$$\frac{Z_A \cdot v_A}{d_A} > \frac{Z_B \cdot v_B}{d_B} \quad \therefore n_A > n_B \quad (6-33)$$

$$\frac{Z_A \cdot v_A}{d_A} < \frac{Z_B \cdot v_B}{d_B} \quad \therefore n_A < n_B \quad (6-34)$$

これより、円の外側が商業施設Aの商圈であり、円の内側だけがBの商圈に限定されることになる。

これまでは点Pから商業施設A、Bに移動するときの平均的な速度 v_A 、 v_B を考慮して商圈を表してきたが、以下では、都市圏内の移動速度は平均的に等しいと考え、 $v_A = v_B$ のもとで議論を進める。この仮定のもとでは式(6-31)と(6-32)は2つの商業施設の魅力度だけの式となり、商圈は Z_A と Z_B だけを用いて表すことができる。このように考えるならば、2つの商業施設A、Bがあるとき、商業施設としての魅力度 Z_A と Z_B が $Z_A > Z_B$ であれば、劣位にあ

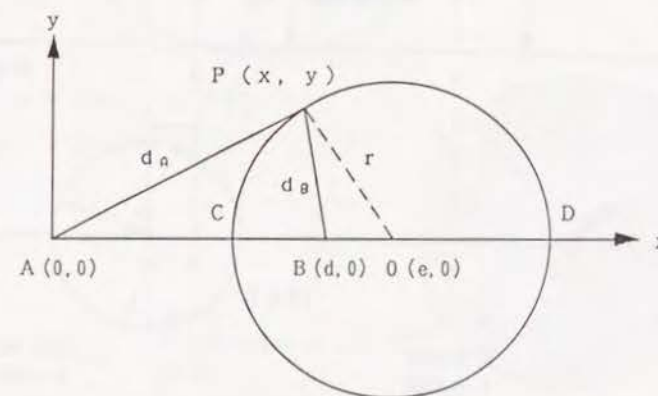


図6-1 商圈の設定方法

る商業施設Bの商圈は点Bから後方に移動した点Oを中心とする半径 r の円内に限定され、残るすべての空間上の点は商業施設Aの商圈に属することになる。もちろん、 $Z_A = Z_B$ のときには、商圈はABを垂直に2等分する線で2分される領域である。こうして、Reilly、Convergeらによってすでに1900年代前半に明らかにされた商圈を消費者買物行動の理論的なモデルに基づいて説明することができた^{19), 20)}。図6-2には、商業施設A、Bの利用回数 n_A 、 n_B と商圈との関係を描く。

6. 4. 3 複数の商業施設の商圈

さらに商業施設が3つ以上ある場合には、商圈は次のようにして決定される。簡単化のために、図6-3に示すように、互いに距離 d だけ離れた3つの商業施設

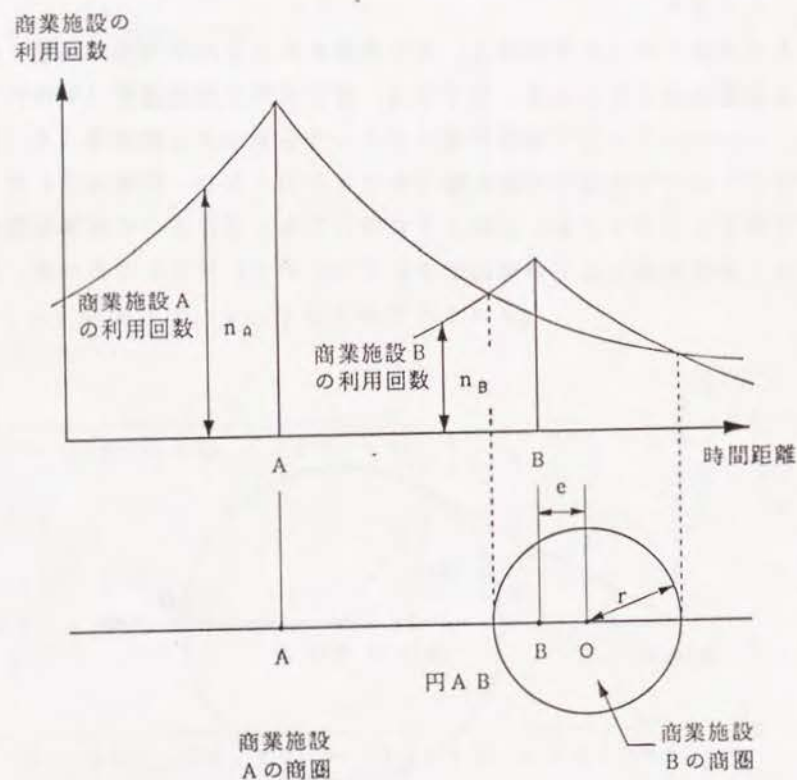


図6-2 商業施設の利用行動モデルと商圈

設A、B、Cを考える。3つの商業施設の魅力度を Z_A 、 Z_B 、 Z_C とし、それらの関係を $Z_A > Z_B > Z_C$ とする。このとき、それぞれの商圈は、3つの対AとB、BとC、およびAとCを考えればよい。まず、AとBの対ではBの後方の点 B_0 を中心とし、半径 r_{AB} の円ABの内側がAに対するBの商圈であり、残る空間すべてがAの商圈である。BとCの対では、Cの後方の点 C_1 を中心とし、半径 r_{BC} の円BCがBに対するCの商圈であり、残る空間すべてがBの商圈である。さらに、AとCの対ではCの後方の点 C_2 を中心とし、半径 r_{AC} の円ACがAに対するCの商圈であり、残る空間すべてがAの商圈である。それぞれの領域の優劣関係は、次のようになる。

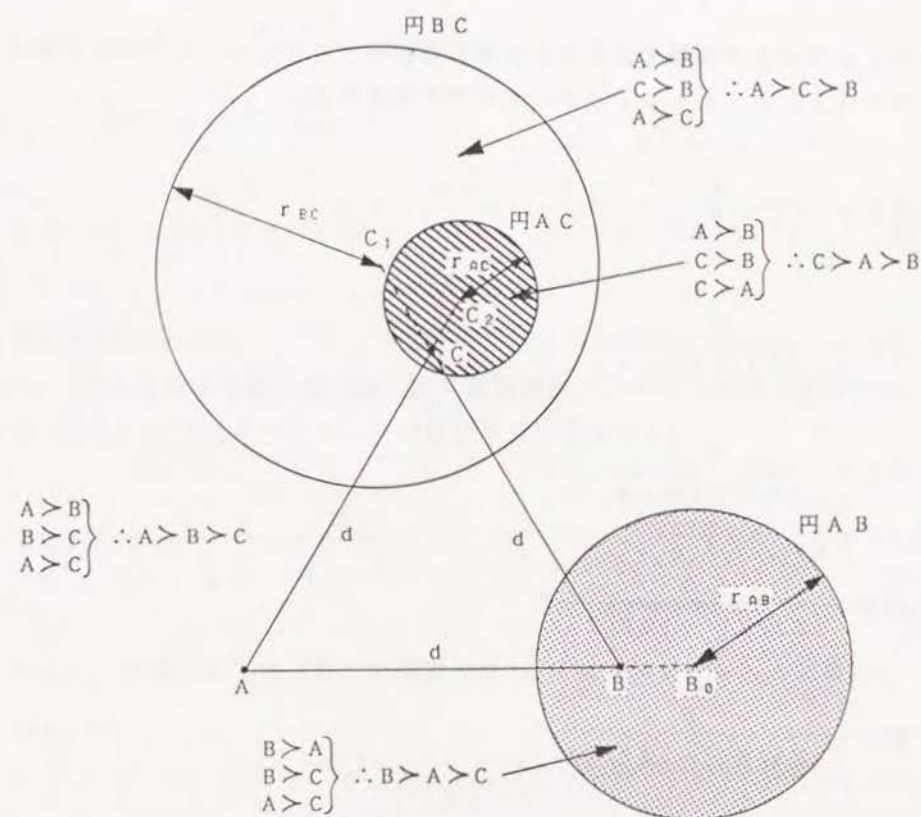


図6-3 複数の商業施設の商圈

$$\begin{aligned}
\text{円 A B 内} & : B > A > C \\
\text{円 A C 内} & : C > A > B \\
\text{円 B C 内, 円 A C 外} & : A > C > B \\
\text{円 A B 外, 円 B C 外} & : A > B > C
\end{aligned}
\tag{6-35}$$

ただし、 $A > B$ は A が B より優位にあることを示している。以上より、商業施設 A, B, C のそれぞれの商圈は、

$$\begin{aligned}
\text{B の商圈} & : \text{円 A B 内} \\
\text{C の商圈} & : \text{円 A C 内} \\
\text{A の商圈} & : \text{残る全空間}
\end{aligned}
\tag{6-36}$$

となる。このときの商圈を決定する各商業施設の円の中心のズレと円の半径は、式 (6-31) と (6-32) から次の式で表される。

$$\begin{aligned}
B B 0 & = \frac{d}{(Z A / Z B)^2 - 1} \\
C C 1 & = \frac{d}{(Z B / Z C)^2 - 1}
\end{aligned}
\tag{6-37}$$

$$C C 2 = \frac{d}{(Z A / Z C)^2 - 1}$$

$$\begin{aligned}
r_{AB} & = \frac{d}{(Z A / Z B) - (Z B / Z A)} \\
r_{BC} & = \frac{d}{(Z B / Z C) - (Z C / Z B)}
\end{aligned}
\tag{6-38}$$

$$r_{AC} = \frac{d}{(Z A / Z C) - (Z C / Z A)}$$

6. 5 交通施設整備と商業施設の立地による商業施設の需要の変化²¹⁾

6. 5. 1 交通施設整備による影響

交通施設が整備されることによって商業施設までの時間距離が短縮すれば、消費者の商業施設の利用行動、すなわち買物行動は影響を受ける。ここでは、交通施設整備による商業施設までの時間短縮が買物需要に及ぼす影響を計量する方法を説明する。居住地 i から商業施設 j への時間距離が短縮され、 t_{ij} から t_{ij1} になるとし、そのときの居住地 i から商業施設 j への新しい利用回数を n_{ij1} とすると、 n_{ij1} は式 (6-18) と同様に次式で表される。

$$n_{ij1} = \frac{T \cdot W_j}{K_{i1} \cdot t_{ij1}^\beta}
\tag{6-39}$$

式 (6-39) における K_{i1} は、

$$K_{i1} = \sum_k (Z_k^\beta / t_{ik1}^{\beta-1})
\tag{6-40}$$

と表される。

また、交通施設整備後の居住地 i から商業施設 j への延べ買物者数を X_{ij1} とすると、 X_{ij1} は式 (6-19) と同様に次式で表される。

$$X_{ij1} = T \cdot \frac{N_i \cdot W_j}{K_{i1} \cdot t_{ij1}^\beta}
\tag{6-41}$$

ゆえに、商業施設 j への新しい需要は D_{j1} は式 (6-20) と同様に、

$$D_{j1} = T \cdot W_j \sum_i \frac{N_i}{K_{i1} \cdot t_{ij1}^\beta}
\tag{6-42}$$

となり、交通施設が整備されたことによる商業施設 j への需要の増加量 ΔD_{j1} は、整備前の需要 D_j と整備後の需要 D_{j1} の差をとることによって、式 (6-43) で与えられる。

$$\Delta D_{j1} = D_{j1} - D_j \quad (6-43)$$

さらに、交通施設整備後の新しいマーケット・シェア R_{j1} は式 (6-44) で、シェアの増加量 ΔR_{j1} は式 (6-45) で表される。

$$R_{j1} = \frac{D_{j1}}{\sum_k D_{k1}} \quad (6-44)$$

$$\Delta R_{j1} = R_{j1} - R_j \quad (6-45)$$

6. 5. 2 商業施設の立地による影響

従来から m 個の商業施設が存在するある都市圏において、さらに地点 O に魅力度 Z_o をもった商業施設が立地したとき、従来からある商業施設への買物者数に変化が生じる。居住地 i に住む消費者の商業施設 j への新しい利用回数を n_{ij2} とすると、 n_{ij2} は式 (6-18) と同様に次式で表せる。

$$n_{ij2} = \frac{T \cdot W_j}{K_{i2} \cdot t_{ij}^\beta} \quad (j=1, 2, \dots, m, o) \quad (6-46)$$

式 (6-46) における K_{i2} は、居住地 i から新しい商業施設までの時間距離を t_{io} とすると次式のように表される。

$$K_{i2} = \sum_{k=1}^m \frac{Z_k^\beta}{t_{ik}^{\beta-1}} + \frac{Z_o^\beta}{t_{io}^{\beta-1}} \quad (6-47)$$

また、商業施設立地後の居住地 i から商業施設 j への延べ買物者数 X_{ij2} は、式 (6-19) と同様に次式で表される。

$$X_{ij2} = T \cdot \frac{N_i \cdot W_j}{K_{i2} \cdot t_{ij}^\beta} \quad (6-48)$$

ゆえに、商業施設 j への新しい需要は D_{j2} は、式 (6-20) と同様に、

$$D_{j2} = T \cdot W_j \sum_i \frac{N_i}{K_{i2} \cdot t_{ij}^\beta} \quad (6-49)$$

となり、新しい商業施設 O の立地による商業施設 j への需要の減少量 ΔD_{j2} は、従前の需要 D_j と新しい需要 D_{j2} の差をとることにより、次式で与えられる。

$$\Delta D_{j2} = D_j - D_{j2} \quad (6-50)$$

また、新しいマーケット・シェア R_{j2} は式 (6-51) で、またシェアの減少量 ΔR_{j2} は式 (6-52) で表される。

$$R_{j2} = \frac{D_{j2}}{\sum_{k=1}^m D_{k2} + D_o} \quad (6-51)$$

$$\text{ただし、} D_o = T \cdot W_o \sum_i \frac{N_i}{K_{i2} \cdot t_{io}^\beta} = T \cdot W_o \cdot L_o$$

$$\Delta R_{j2} = R_j - R_{j2} \quad (6-52)$$

以上からわかるように立地条件を表す L_o の大きい地点に魅力度 Z_o の大きい商業施設ができるほど、既存の商業施設のマーケット・シェアの低下が大となる。

6. 6 幹線道路の整備が商業施設の利用に及ぼす影響の計量²²⁾

本節では、これまでに述べてきた商業施設の利用行動モデルとそれに基づく買物需要、商圏の推定方法を用いた実証分析を行う。対象地域は、徳島広域都市圏で、そこに新しく建設された国道バイパスが消費者の商業施設の利用に及ぼす影響を計量する。

6. 6. 1 計量方法

道路整備効果については、従来から多くの研究や事例が報告されており、道路整備は交通のみならず地域の産業や住民の日常生活に影響を及ぼすことは周知のとおりである。地方都市においては公共交通機関の整備が不十分のため日常生活における住民の自動車への依存率が高くなっているが、買物目的での自動車への依存率の高さも例外ではない。一方、商業施設においては、駐車場を充実し、自動車での買物客の便宜を図っている。このため、道路整備が行われると、住民の商業施設の利用に変化が生じることはもちろんであるが、商業主体はこの変化により売り上げに影響を受けることになる。したがって、道路計画を行う際には道路整備が住民の商業施設の利用行動に与える影響を把握することのみならず、地域の商業活動への影響を予測することが望まれる。

道路整備効果に関する従来の研究は、中村ら²³⁾によって、わかりやすく整理されている。そのうち、直接効果の計量は、道路整備が急速な進展をみせた1960年代からさかんに行われ、確立した方法となっている²⁴⁾。また、間接効果については、地域の産業や住民の日常生活等に及ぼす影響に関する研究が行われ、事例²⁵⁾もみられる。近年は、地価高騰を反映して、道路整備の費用と便益の帰属をめぐる研究²⁶⁾や資産価値からみた整備効果の計量に関する研究²⁷⁾もみられる。ここでは、道路の整備が住民の日常生活に及ぼす影響のうち、商業施設の利用に着目し、6. 3、6. 4、および6. 5で提案した商業施設の利用行動モデルと商圏の理論を適用して、住民が受ける効果を計量するとともに商業施設側が受ける効果も同時に計量する。計量のための指標は、商業施設への需要と商圏の変化を用いる。

分析の手順は図6-4に示すように、まず、消費者の商業施設の利用回数、商業施設までの所要時間、および商業施設の特徴のデータから利用行動モデルを作成する。次に、道路整備が行われると交通環境が変化し、商業施設までの所要時

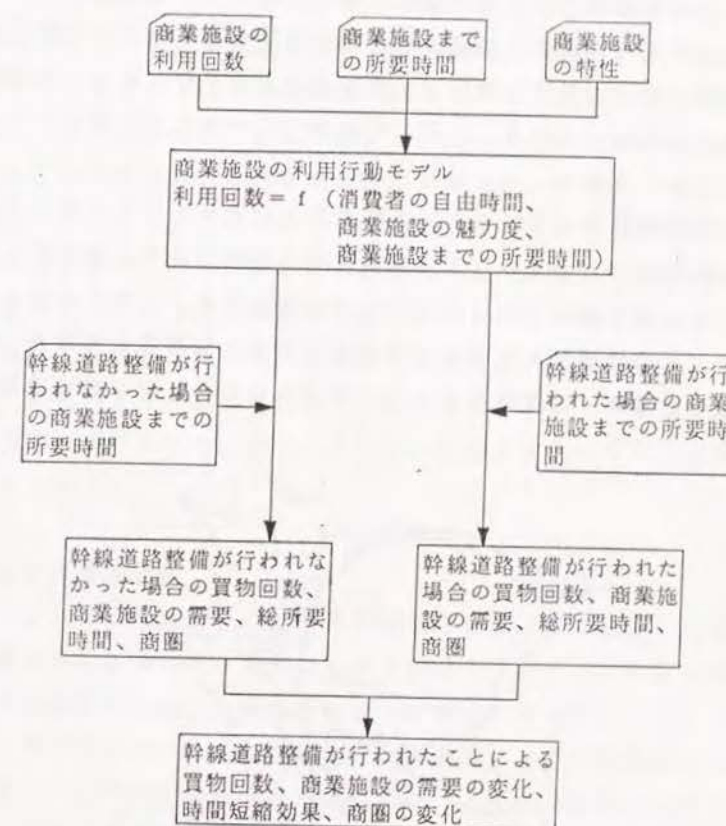


図6-4 幹線道路の整備が買物行動に及ぼす影響の計量方法

間短縮するため、消費者の買物行動に変化が生じる。そこで、商業施設までの所要時間を説明変数にもつこのモデルを適用すれば、道路整備によって変化する商業施設の利用回数を推計することができる。本研究では、道路整備が行われなかった場合と行われた場合の商業施設までの所要時間を利用行動モデルに代入することによって、それぞれの場合の商業施設への需要、買物の移動における総所要時間、商圏を推定し、その差をもって整備効果とする。

6. 6. 2 分析対象地域と道路の整備状況

(1) 分析対象地域と商業施設

ケーススタディとして、徳島市を中心に南北に走る国道11号吉野川バイパス

および国道55号徳島南バイパスの整備効果を計量する。対象地域は、図6-5に示すように、バイパス道路の整備が消費者の商業施設の利用に影響を及ぼすと考えられる3市2町（徳島市、鳴門市、小松島市、北島町、および松茂町）とした。分析の時点は昭和60年とし、この年におけるバイパス整備効果をバイパスがない場合と比較する。

昭和60年の国勢調査によれば、徳島県の総人口約83万人に対し、分析対象地域の人口は約40万人であり、人口集積の高い地域である。地域内においては、社会、経済、文化等で徳島市に依存しており、徳島市が人口約26万人を占めている。しかし、この地域においても人口のドーナツ化が進行しており、徳島市内の周辺部および北島町、松茂町といった地域で人口の伸び率が他の地域を上回っ



図6-5 分析対象地域と商業施設の位置

ており、昭和55年から60年にかけての伸び率は、約8%にも達している。

商業施設として、地域を代表する6つの大規模商業施設を取りあげた。このうち徳島市内に位置する4つの商業施設に関していえば、これらの商業施設が市内の飲食料品、および自動車・自転車を除く小売り商品販売額の約6割を占めていること、また各商業施設における飲食料品の販売額の比率がこれらを除く徳島市全体の比率の3分の2以下となっていることから、対象とした商業施設への買回り品の依存率が高いことがうかがえる。また、6つの商業施設間には規模の差がみられるものの、これら以外の商業施設と比べると大規模であること、さらに1カ所に量販店を含め多種の小売店が存在する複合的な商業施設であり、同じような目的での買物がどの施設でも可能であると考え、これらの商業施設での買物の質に大きな差はないとした。図6-5には、対象とする6つの大規模商業施設の位置も示しておく。

(2) 道路の整備状況

国道11号および国道55号は徳島県東部を南北に走る交通の動脈であり、近年の交通量の増大によって、交通がしばしば渋滞するため、交通の緩和、県東部の地域開発の基幹施設として機能させることを目的としてバイパスが建設された。

国道11号のバイパスとして建設された吉野川バイパスは徳島市かちどき橋1丁目から北へ、鳴門市北灘町に至る延長16.9Km、幅員24~30m、車線数6車線、一部4車線で計画されている。昭和42年に工事に着手し、段階的に工事が進められ、昭和60年までに2~3車線の暫定車線であるが12.0Kmが供用され、昭和63年には全線が開通した。

国道55号のバイパスとして建設された徳島南バイパスは徳島市かちどき橋1丁目から南へ、小松島市大林町で国道55号と接続する延長12.9Km、幅員24~30m、車線数4車線、一部6車線のバイパスとして計画されている。昭和47年に工事に着手し、段階的に工事が進められ、昭和57年までに一部上下2車線の暫定車線であるが、小松島市芝生町までの延長8.5Kmが、さらに昭和63年までには延長9.5Kmが供用されている。

6. 6. 3 商業施設の利用行動モデルと魅力度関数の推定

(1) 商業施設の魅力度関数

消費者はより魅力のある商業施設で買物をすればより大きい効用が得られるこ

とを仮定したが、ここでは消費者が感じる魅力度を商業施設の特性を用いて計量するための関数を提案する。消費者は商業施設の小売り床面積、駐車容量、品物の豊富さ、価格、営業時間、接客態度等多くの特性を通して魅力を感じられる²⁸⁾。しかし、データの収集に伴う問題、対象とする商業施設の種類等を考慮すれば、すべての特性を魅力度関数に含めることは得策とは思えない。そこで、本研究で対象とする商業施設が豊富な商品をもつ大規模商業施設であり、営業時間や価格に大差がなく、さらにここでは、バイパス道路の整備効果を計量するという目的から、自動車での買物客を対象として分析を行うことを考慮して、式(6-53)に示すような小売り床面積と駐車容量からなる魅力度関数を仮定する。

$$Z_j = S_j^a \cdot P_j^b \quad (6-53)$$

ただし、 S_j : 小売り床面積
 P_j : 駐車容量
 a, b : パラメータ

(2) 商業施設の利用行動モデルと魅力度関数の推定

ここでは、式(6-18)に示した利用行動モデルのパラメータ β と式(6-53)の商業施設の魅力度関数におけるパラメータ a, b を同時に推定する。

任意の居住地において、2つの商業施設 j, k を考えた場合、その利用回数の比は、式(6-18)から、式(6-54)のように表せる。ただし、以下では居住地を表す添字は省略する。

$$\frac{n_j}{n_k} = \left(\frac{Z_j}{Z_k} \right)^\beta \cdot \left(\frac{t_k}{t_j} \right)^\beta \quad (6-54)$$

ここで、式(6-54)に商業施設の魅力度関数である式(6-53)を代入し、さらに両辺の対数をとると式(6-55)が得られる。

$$\log \frac{n_j}{n_k} = \beta \log \frac{t_k}{t_j} + C_1 \cdot \log \frac{S_j}{S_k} + C_2 \cdot \log \frac{P_j}{P_k} \quad (6-55)$$

ただし、 $C_1 = a\beta$ 、 $C_2 = b\beta$

式(6-55)におけるパラメータ β 、 C_1 、 C_2 の推定には商業施設の利用回数、すなわち買物回数 n_j 、 n_k と所要時間 t_j 、 t_k 、および商業施設の小売り床面積 S_j 、 S_k と駐車容量 P_j 、 P_k に関するデータが必要である。まず、買物回数と所要時間のデータは、昭和63年11月に実施した「都市施設利用行動に関するアンケート調査」により収集した。アンケートの実施地域は、先述の3市2町とし、1,044人の被験者に郵送で配布回収を行ったところ、401の有効回収数を得た。アンケートの調査結果から、買回り品の買物回数、商業施設までの所要時間、買物時の交通手段に関するデータを得た。アンケート調査では食料品等日常品の買物に関する質問も行ったが、これらのほとんどは近所の小売店で行われており、日常品の買物にバイパス道路の整備が大きな影響を与えていないことがわかった。そこで、ここでは先述の商業施設の特性をも考慮し、買回り品の買物を対象としてバイパス道路の整備効果を計量することにする。次に、居住地側を、アンケート調査のサンプル数、ゾーンの広さを考慮して、14ゾーンに分け、各ゾーンから6つの商業施設への1カ月の1人当たりの平均買物回数と商業施設までの平均所要時間を算出した。一方、アンケート調査時期における商業施設の小売り床面積、駐車容量は表6-1に示すとおりである。

以上のデータを用いて、重回帰分析によって式(6-55)のパラメータ β 、 C_1 、 C_2 を推定し、 $a = C_1 / \beta$ 、 $b = C_2 / \beta$ から魅力度関数(6-53)

表6-1 商業施設の魅力度の指標

商業施設	床面積(m ²)	駐車容量(台)
A	46,224	669
B	61,458	1,094
C	9,747	900
D	7,773	650
E	6,048	300
F	4,693	430

表6-2 重回帰分析によるパラメータ推定結果

パラメータ	推定値	t 値
β	2.296	9.817
C_1	0.361	4.427
C_2	0.174	0.675
重相関係数 $R = 0.792$		
モデルのT値 11.244		
サンプル数 86		

の係数 a 、 b を求めた。この結果を表6-2と表6-3に示す。表6-2においてパラメータ C_2 の t 値が低いが以後のモデルの適用ではこの変数は除かずに残しておくことにする。次に、表6-3のパラメータ a 、 b と商業施設の小売り床面積 S_j 、および駐車容量 P_j の値を式(6-53)に代入して、各商業施設の魅力度を算出すると表6-4のようになる。ところで、商業施設の魅力度は、複数の施設の比較により計量できるもの、すなわち、絶対値としてではなく、ある施設を基準にして数値で表せるものであることから、商業施設Aの魅力度を $Z_A = 1.000$ とし

6.6.4 買物需要と商圈の変化

(1) 買物自由時間 T と買物回数の推定

式(6-18)のパラメータ β 、および魅力度関数(6-53)のパラメータ a 、 b が推定されたことにより、商業施設の利用行動

表6-3 魅力度関数のパラメータ a 、 b の推定結果

パラメータ	推定値
a	0.157
b	0.076

表6-4 商業施設の魅力度

商業施設	魅力度
A	1.000
B	1.086
C	0.801
D	0.754
E	0.684
F	0.675

モデルを用いて、居住地 i から商業施設 j への利用回数を推計することができる。そのためのデータとして、居住地 i から商業施設 j への所要時間、商業施設の小売り床面積と駐車容量の他に、消費者の買物自由時間 T が必要である。この買物自由時間のデータの収集は困難なため、買物者数 X_{ij} 、居住地 i から商業施設 j への所要時間 t_{ij} の観測値、および表6-4に示す商業施設の魅力度 Z_j を用い、買物者数の算出式(6-19)から推定する。この式の左辺には買物者数の観測データを、右辺には商業施設の利用行動モデルのパラメータと商業施設の魅力度を用いて算出した値を代入し、最小2乗法によって平均的な1カ月間の商業施設の利用に要する所要時間の合計 T を求めた。この結果、 $T = 86.8$ 分/人・月が得られた。また、アンケート調査結果から、6つの商業施設への1人当りの総利用回数の平均値は2.12回/人・月となることから、1回の買物における片道の平均所要時間は、20.5分/回となる。さらに、買物において移動に使うことのできる自由時間 T の推定と同時にモデルによって推定される買物回数の現状再現性を検討したところ、居住地 i から商業施設 j への買物者数の観測値と予測値の相関係数が0.810であった。

(2) 買物需要の変化

次に、商業施設 j への総買物者数 D_j の変化を表6-5に示す。バイパスがな

表6-5 商業施設の買物者数の変化とその割合

商業施設	総買物者数 D_j ($\times 1,000$ 人/月)		$\textcircled{1} - \textcircled{2}$	$\frac{(\textcircled{1} - \textcircled{2})}{\textcircled{2}} \times 100$ (%)
	バイパスあり①	バイパスなし②		
A	244	245	-1	-0.6
B	305	301	4	1.2
C	130	114	16	13.9
D	123	109	14	12.8
E	98	101	-3	-3.0
F	79	77	2	3.1

い場合に比べ、ある場合では商業施設CとDにおいて買物者数が10%以上も多くなっている一方で、商業施設AとEにおいて少しではあるが減少がみられる。これは、商業施設CとDにはバイパスを通して買物に来る人が多いためであり、バイパス整備による時間短縮は買物客数に大きな変化を与えることになる。しかし、商業施設AとEはバイパスの整備効果をあまり受けない上に、商業施設CとDへの時間短縮効果の影響を受け客数が減少することになる。

さらに、バイパスがある場合とな
い場合のマーケット・シェアR_jの変化を表6-6に示す。表から商業施設CとDが1%程度増えているが、A、B、Eの3つの商業施設でやや減少傾向にあることがわかる。商業施設Bでは総買物者数が増えているにもかかわらずシェアは減る結果となる。これはバイパス整備により利便性が向上し、その効果を最も受ける商業施設CやDに比べBはその伸び率が低く、これがシェアの減少につながったと推測できる。

(3) 商業施設の利用における時間短縮効果

時間短縮効果は時間価値を用いれば経済学的に計量することが可能になる。そこで、道路整備が行われなかった場合の居住地iから商業施設jへの延べ買物者数X_{ij}とそのときの商業施設までの所要時間t_{ij}から整備が行われたときの所要時間t_{ij}'を引いた時間短縮量との積である総時間短縮量に時間価値を乗じることによって時間短縮効果を算出する。

$$E_{ij} = (t_{ij} - t_{ij}') \cdot X_{ij} \cdot \eta \quad (6-56)$$

ただし、E_{ij}: 時間短縮効果(円)

η: 買物における時間価値

表6-6 マーケット・シェア(%)
の変化

商業施設	バイパスあり	バイパスなし
A	24.9	25.9
B	31.2	31.8
C	13.3	12.0
D	12.5	11.5
E	10.0	10.7
F	8.1	8.1

式(6-56)において居住地iから商業施設jまでの延べ買物者数に道路整備が行われなかった場合のX_{ij}を用いている理由は、本研究では、商業施設の利用において、消費者は買物の移動に使うことのできる自由時間Tの中で効用を最大化するような利用回数を決定しているとしてとらえているため、道路整備が行われた直後においてはTが変化しないと仮定すれば、商業施設までの所要時間の短縮による自由時間の増加分(節約分)は新しい買物に使われることになり、道路整備がある場合とない場合の買物の移動における総所要時間は変化しないことになる。したがって、ここでは道路が整備されたことによる買物の移動時間の総節約分を時間短縮効果として計量する方法を提案する。

商業施設の利用における時間短縮効果を式(6-56)を用いて計量すると表6-7のような結果が得られた。このときの買物回数X_{ij}には先に得られたモデルによって推定したバイパスがない場合の値を、また買物における時間価値には、3,786円/時間を用いた。この時間価値の算出であるが、6.6.3で説明した「都市施設利用行動に関するアンケート調査」の中で、道路整備による買物目的時の移動時間の短縮量Δtに対する支払い意思額Δcに関する質問を行った。そして、移動時間の短縮量に対する支払い意思額Δc/Δtを時間価値とし、

この値を各サンプルについて算出し、その平均値として得られたものである。図6-6に示す時間短縮効果を計量するためのゾーニング図と表6-7をみると、まず、バイパスがある場合でも居住地から商業施設までの所要時間がバイパスがない場合と同じであれば効果は現れていない。次に、商業施設に着目すると時間短縮効果は買物者数の比率に比べると商業施設CとDが大きく、EやFが小さい値を示している。商業施設CやDの時間短縮効果が大きいのは、これらの商業施設に買物に来る消費者はバイパスを利用する機会が多いからであるといえる。



図6-6 時間短縮効果計量のためのゾーニング

表6-7 商業施設の利用における時間短縮効果

S.C. ゾーン		時間短縮効果 Eij (1,000円/月)						
		A	B	C	D	E	F	合計
徳島市	1	0	0	1,828	0	173	148	2,149
	2	0	0	238	0	24	116	389
	3	0	0	0	596	364	273	1,233
	4	3,852	6,711	4,112	5,444	572	2,286	22,978
	5	0	0	297	0	49	210	557
	6	0	0	228	250	31	135	645
	7	1,650	2,270	1,215	921	337	897	7,290
	8	0	0	46	0	12	73	130
鳴門市	9	0	0	79	75	0	74	228
	10	261	329	284	280	0	126	1,291
	11	97	120	108	103	0	54	482
	12	430	537	474	467	0	231	2,129
	13	81	101	94	89	0	50	415
	14	106	132	126	118	0	70	552
	15	56	79	67	63	0	39	293
	16	328	406	354	0	127	0	1,216
小松島市	17	520	643	331	234	90	0	1,818
	18	145	179	164	0	69	0	557
	19	188	231	221	0	110	0	750
	20	55	68	66	0	35	0	224
松北	21	504	647	500	512	0	191	2,354
合計	22	0	0	162	167	47	115	490
合計		8,273	12,443	10,994	9,310	2,040	5,089	48,149

注) 松北: それぞれ松茂町, 北島町を表す。

(4) 商圏の変化

バイパス道路の整備効果を商圏の変化からみるために、バイパスを中心に左右2kmの地域を365個の500m×500mのメッシュに分割した。各メッシュにおいて商業施設間の利用回数の比率をバイパスがある場合とない場合について算出し、そのメッシュは利用回数の比率が最大の商業施設の商圏に含まれているという商圏の定義より、対象地域における商圏を推定すると図6-7のようになる。2つの場合を比較すると、商圏の境界線上付近で、かつバイパス道路に近いメッシュで違いがみられる。

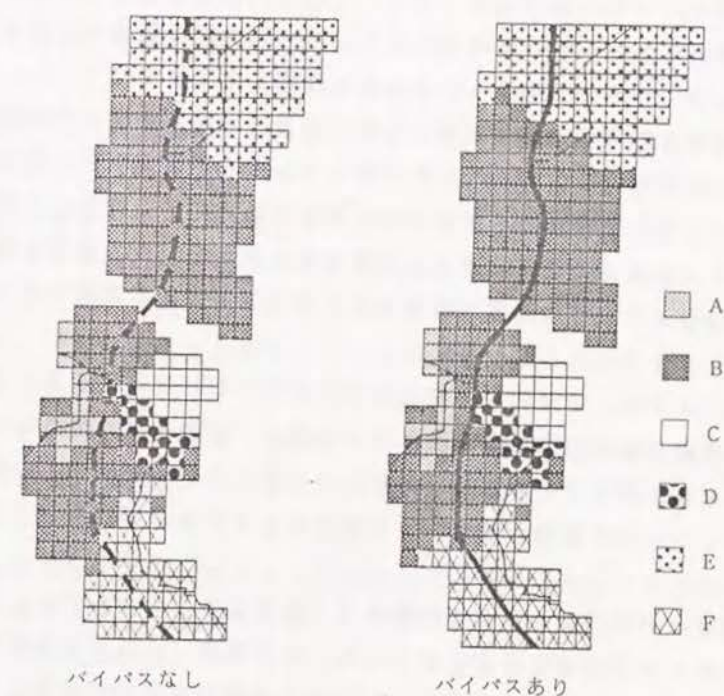


図6-7 バイパス整備による商圏の変化

6.7 結語

本章では、消費者の商業施設の利用行動を効用最大化仮説によって説明し、その利用行動モデルとしてグラビティモデルを理論的に誘導した。次に、商圏を定義し、得られたモデルを用いて商圏を推定する方法を示した。さらに、このモデルの応用として、交通施設整備や商業施設の立地による買物需要の変化の推定方法について述べた。そして、商業施設の利用行動モデルの適用例として、幹線道路の整備が商業施設の利用に及ぼす影響の計量の実証分析を行った。

まず最初に、6.2では、本研究の視点および従来の研究との関連について述べた。その内容は次のようにまとめられる。

① 本章のねらいの1つとして、消費者の商業施設の利用における行動原理を明

らかにし、それに基づいて行動モデルを理論的に導き、経済的な解釈を与えることをあげた。

- ② ここで用いた人の行動のモデリングアプローチは効用理論に基づくものであるが、このアプローチに関する従来の研究は第2章で整理している。本章の商業施設の利用行動モデルのアプローチは、消費者は商業施設の利用行動における移動の総時間制約の中で効用を最大化しているとの仮定から、個人の行動をモデル化するものであり、Niedercorn and Bechdolt と同じような方法である。仮定した消費者の効用関数は、商業施設の利用回数は消費者の居住地からその商業施設までの時間距離と商業施設の魅力度から成る非常に簡単なものである。

次に、6.3では、消費者の商業施設の利用時における効用最大化の仮説に基づき、商業施設の利用行動を理論的にモデル化し、行動モデルを導出した。さらに、このモデルに基づき、商業施設側からみた買物者数の需要予測、商業施設のマーケット・シェアの算出方法について述べた。その成果は次のようにまとめられる。

- ① 商業施設の利用行動を消費者の効用最大化仮説からモデル化し、それをグラビティモデルで説明できることを示した。この結果、これまで買物行動を説明するために用いられてきたReillyやHuffの経験則を理論的に導くことができた。

- ② グラビティタイプのモデルで表された商業施設の利用回数の推定式から、任意の商業施設の需要量やその商業施設の都市全体におけるマーケット・シェアを算出する式を誘導した。また、消費者からみた各商業施設の買物の利便性を表す指標について考察した。この指標は、そのゾーンからすべての商業施設までの時間距離とそれら商業施設の魅力度を用いて簡単に表すことができ、商業施設の立地戦略上重要な情報といえる。

6.4では、商業施設の商圈を定義し、商業施設の利用行動モデルを応用した商圈の推定方法について述べた。その方法は次のようにまとめられる。

- ① 商業施設の利用行動モデルを用いて商圈の推定方法を提案した。ここでは、ある居住者のゾーンからみてすべての商業施設に対する利用回数のうちで最も利用回数の多い商業施設は、そのゾーンを商圈に含むという考えに基づいて商圈を表す式を導いたところ、商圈は商業施設の魅力度とそこまでの時間距離の比で表されることがわかった。

- ② 導かれた結果は、Reilly、Convergeらの商圈を説明したことになるが、ここでは空間距離を時間距離に変換し、距離を時間距離で表していることから、今後の交通施設整備が商圈の変化に与える影響を分析することが可能になった。

6.5では、6.3と6.4で提案したモデルと商圈を応用して交通施設整備と商業施設の立地が商業施設の利用と商圈に及ぼす影響を計量する方法を説明した。その内容は次のようにまとめられる。

- ① 交通施設整備や新しい商業施設の立地が従来の商業施設に与えるインパクトを計測するために、商業施設の需要量の変化やマーケット・シェアの変化を算出する方法について述べた。これらの方法は、消費者や交通施設の計画主体のみならず、商業活動主体からみても今後の商業活動の方向性を知るために有用なものとなる。

そして、6.6では、提案したモデルを応用して、道路整備が商業施設の利用に及ぼす影響を計量した。ここで得られた成果は次のようにまとめられる。

- ① 国道11号吉野川バイパス及び国道55号徳島南バイパスをケーススタディとし、商業施設の利用行動モデルを応用してバイパス道路の整備が商業施設への需要や商圈に及ぼす影響を計量した。分析においては、モデルの推定方法を示し、商業施設の利用に関するアンケート調査および商業施設の特性データを用いて、商業施設の利用行動モデルと商業施設の魅力度関数を推定した。モデルの推定においては、買物時の自由時間の推定等、さらに考慮する点も課題としてあげられたが、道路整備効果の分析に使えるモデルが得られた。

- ② バイパス整備による時間短縮は買物客数に大きな変化を与えており、バイパスがある場合とない場合を比較すると、ない場合に比べある場合において買物客数で10%以上、またマーケット・シェアでは1%程度増えている商業施設があることがわかった。一方、需要の減少する商業施設もみられた。道路整備は、買物行動を行う消費者ばかりではなく、商業主体にも大きな影響を及ぼす。特に、消費者は、プラスの効果を受けるのに比べ、商業主体の中にはプラスの効果とマイナスの効果を受ける場合が必ず現れる。商業主体側からみれば、道路整備が外部経済の場合と外部不経済の場合があるわけであり、道路整備を行う主体はこの点を十分考慮した上で計画を実行しなければならない。この点において、道路整備が消費者の買物行動に及ぼす影響のみならず、商業主体側からみても道路整備効果を計量できる方法を提示したことは、きわめて有意義である。

[第6章 参考文献]

- 1) Reilly, W. J. : The Law of Retail Gravitation, New York Knickerbocker, 1931.
- 2) Foot, D. : Operational Urban Models, Methuen, 1981.
- 3) Huff, D. L. : A Probabilistic Analysis of Shopping Centre Trade Areas, Land Economics, Vol.39, 1963.
- 4) Niedercorn, J. H. and B. V. Bechdolt, Jr. : An Economic Derivation of the 'Gravity Law' of Spatial Interaction, Journal of Regional Science, Vol.9, No.2, pp.273~282, 1969.
- 5) Golob, T. and M. Beckmann: A Utility Model for Travel Forecasting, Transportation Science, Vol.5, pp.79~90, 1971.
- 6) Golob, T., R. Gustafson and M. Beckmann: An Economic Utility Approach to Spatial Interaction, Papers of the Regional Science Association, Vol.30, pp.159~182, 1973.
- 7) Cesario, F. J. and T. E. Smith: Directions for Future Research in Spatial Interaction Modelig, Papers of the Regional Science Association, Vol.35, pp.57~72, 1975.
- 8) Stopher, P. and T. Lisco : Modeling Travel Demand, A Disaggregate Behavioral Approach: Issues and Applications, Papers and Proceedings, Transportation Research Forum, pp.195~214, 1970.
- 9) Stopher, P. and J. Lavender: Disaggregate Travel Demand Models: Empirical Tests of Three Hypotheses, Papers and Proceedings, Transportation Research Forum, pp.321~336, 1972.
- 10) Talvitie, A. : A Comparison of Probabilistic Modal-Choice Models : Estimation Methods and System Inputs, Highway Research Board Record, No.392, pp.147~160, 1972.
- 11) 本多 均: 買物先選択構造に関する基礎的研究, 都市計画学術研究発表会論文集, Vol.18, pp.463~467, 1983.
- 12) 松本, 熊倉, 松岡: 非集計モデルによる買回り品買物交通の目的地・手段選択行動の分析, 都市計画学術研究発表会論文集, Vol.18, pp.469~474,

- 1983.
- 13) 森地, 屋井, 藤井, 竹内: 買回品の買物行動における商業地選択分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.1, pp.27~34, 1984.
 - 14) 上掲 4)
 - 15) 青山, 近藤: 買物行動モデルと商圏の理論的研究, 地域学研究, 第17巻, pp.55~69, 1987.
 - 16) 渡辺, 青沼: 数理計画法, 筑摩書房, pp.155~222, 1977.
 - 17) 上掲 3)
 - 18) 上掲 15)
 - 19) 上掲 1)
 - 20) Converse, P. D. : New Laws of Retail Gravitation, Journal of Marketing, October, 1949.
 - 21) 青山, 近藤: 交通施設整備と商業施設の改善が商圏に与える影響について, 土木学会第42回年次学術講演会講演概要集, 第4部, pp.156~157, 1987.
 - 22) 近藤, 青山: 幹線道路整備が買物行動に及ぼす影響の計量, 土木計画学研究・論文集, No.8, pp.113~120, 1990.
 - 23) 中村, 清水, 林: 道路整備効果に対する考え方の変遷, 土木計画学研究・講演集, No.8, pp.243~250, 1986.
 - 24) 三菱総合研究所: 道路整備による効果の推計に関する調査研究報告書, 1982.
 - 25) 児玉源義: 高速道路の整備が人流に及ぼす影響, 運輸と経済, 第48巻, 第3号, pp.12~22, 1988.
 - 26) 中川, 肥田野, 清水: 広域幹線道路整備による主体別便益と負担の計測, 土木計画学研究・論文集, No.5, pp.187~194, 1987.
 - 27) 芝崎亮介: 土地資産価値を用いた道路整備効果の計測, 土木計画学研究・講演集, No.10, pp.179~183, 1987.
 - 28) Wrigley, N : Store Choice, Store Location & Market Analysis, Routledge, pp.203~220, 1988.

第 7 章 結 論

本研究では、都市住民の意識と行動をモデル化する方法を提案し、その都市施設整備計画への応用例を示すことによって、方法論の検討を行なった。その内容は以下のようにまとめられる。

- ① 都市住民の意識と行動を都市計画に反映させるために、個人をベースにした意識と行動のモデル化の方法を提案した。
 - ② 人の意識をモデル化し、都市施設個別の整備量と配置の評価を行うことを目的としたモデル、および都市全体からみて整備の効率性と公平性を同時に考慮して評価を行うことを目的としたモデルを導くための方法論を提案した。そして、2つのモデルの応用例を示し、その方法論について検討を行った。
 - ③ 人の行動のモデル化では、効用理論に基づくアプローチを用いて個人の行動をミクロなレベルでモデル化する方法を提案した。最初に個人の効用関数を仮定し、各個人は効用最大化行動をとるとの仮説に基づいて行動モデルを導き、それを都市施設の需要メカニズムの解明や需要予測に応用することによってその方法論の検討を行った。
- その結論として各章で得られた成果をまとめる。

[第2章 人の意識と行動のモデリングアプローチ]

第2章では、本研究でとり扱う人の意識と行動のモデルについて、特にモデリングアプローチの面から従来の研究を概観した。そして、本研究で提案するモデルの位置づけを行なうとともにその特徴を述べた。第2章の成果は次のようにまとめられる。

- ① 人の意識のモデル化を都市施設の評価を行なうことを目的としたモデルに限定して従来の研究を概観したところ、それらは都市施設を含む都市環境の評価意識構造モデルと都市施設の整備水準と評価意識構造を構成する要素の関係を表現した評価モデルの2種類に大別することができた。このうち、本研究で提案する都市施設の整備水準の評価モデルに関しては、わが国では1960年代の末から研究が行なわれ、現在も続けられているものの、その実際への適用においていくつかの問題点があることがわかった。それに対し、本研究で提案するモデルは論理的であるとともに、現実問題への適用が容易であるといった特徴をもっていることを述べた。さらに本研究では、効率性と公平性意識のモデ

ル化の方法を提案し、それによって作成したモデルを都市施設の評価に適用するため、この分野に関する従来の研究をふり返ってみたが、十分な成果はみられなかった。

- ② 人の行動のモデル化とそのアプローチに関する研究は、100年以上の長い歴史をもっていることがわかった。初期の頃、人の行動はニュートンの重力の法則によくあっていることが経験的に発見され、その後重力の法則を応用した多くのモデルが提案されてきた。これらのモデルは現象をうまく説明できるものの理論的な背景がなかったため、重力モデルを理論的に導く研究が1960年代の後半から行なわれた。その代表的な研究は、Isardの確率論的なアプローチによるものとWilsonのエントロピーのアナロジーによるものであろう。また、Niedercorn and BechdoltやBeckmann and Wallaceらは効用理論に基づいて重力モデルを理論的に導く研究で大きな成果をあげた。さらに、効用理論に基づいて個人の行動をモデル化しているが、得られたモデルの構造が必ずしも重力タイプのモデルにならないようなモデルもBeckmann and WallaceやGolob and Beckmannらの研究で導かれていることもわかった。本研究では、個人の行動を効用理論に基づいてモデル化するアプローチをとっており、提案する2つのモデルは従来の研究の流れを受けながら、都市施設の利用という具体的な枠組みの中で行動をモデル化するものであり、モデリングアプローチが明快であり、理論的な基礎をもつ重力モデルであるといった特徴をもつことを述べた。

[第3章 都市施設に対する満足度意識のモデル化とその応用]

都市施設の整備計画の評価においては、施設の量、および配置からみた評価がある。第3章では、これら2つの問題において住民ニーズをとり入れる方法を課題とし、施設の整備状態に対する住民の満足度を推定することのできるモデルを提案した。もちろん、都市施設整備計画においても計画目標や対象とする施設によっては住民ニーズが大きなウェイトをもつ場合とそうでない場合があるが、ここで提案した方法や意思決定のための情報は有意義であると考えられる。第3章の成果は次のようにまとめられる。

- ① 施設の整備状態と住民の満足率の関係を簡潔でかつ操作が容易なモデルで表すことができた。モデリングのアプローチは施設に対して住民がもっている満足水準は各個人で異なっていることから、これを確率変数とみなし、ある整備

状態に対して住民が満足する比率を求めるというものである。

- ② 施設の整備量に対する満足率モデルでは、施設の整備量を表す施設整備指標は施設整備の効果を物理的に測定できるものとし、各施設に対する需要を考慮した。そして、この施設整備指標と住民の満足度を関数で表現することによってモデル化を行った。
- ③ 施設の配置に対する満足率モデルでは、施設の利用者が配置して欲しいと欲している施設までの最大距離として満足距離を定義した。そして、満足距離は個人によって異なることから、これを確率変数とみなし、ある地点に居住する人が施設の配置に満足できる比率を推定することのできるモデルを導いた。これによって施設の誘致距離とそれに対する住民の満足率の関係を明らかにすることができた。
- ④ 種々の施設に対して整備計画における量的な目標整備水準と誘致距離を提案することができた。誘致距離の設定においては従来から誘致距離の概念が用いられていた公園だけでなく、他の施設にも同様な概念を考慮することを試みたところほぼ納得する結果が得られた。本研究では、目標整備水準は決定的なものでなく、設定された値に対して住民の満足率が同時に考慮されるべきであるとする確率論的な考えをとっており、約80%の住民が満足する整備水準を提案した。もちろん、何%の満足率を基準とすべきかについては、さらにその他の視点からの検討も必要である。

[第4章 都市施設整備における効率性と公平性意識のモデル化とその応用]

第4章では、都市施設は都市全体として整備水準が高く、かつ都市内における地域的な格差がないことが望ましい姿であるという立場のもとに、施設整備計画においてこの2つの目標を同時に考えたときのウェイトを求め、計画の評価を行う方法を提案した。方法論としては基礎的段階であるが、今後の都市計画において公平性の思想を実際に導入していくことが要求されるだろうことを考えると、本研究で得られた成果は有益であると思われる。第4章の成果は次のようにまとめられる。

- ① 施設整備において、公平性の概念を導入して計画の評価を行う方法を提案し、従来からよく用いられてきた効率性の概念とあわせて効率性と公平性を同時に考慮した計画の評価モデルを提案した。モデルは非常に簡単であり、これを用いて効率性と公平性に対するウェイトを推定することができた。

- ② 施設整備の効率性、すなわち都市全体の整備水準の高さを計量化する指標として平均値を、また公平性、すなわち整備の格差を計量化するための指標としてGINI係数、分散、および変動係数を提案した。このうちの公平性の3つの計量化指標をモデルの精度に基づいて考察すると、3方法とも使用可能であると考えられる。そのなかでもGINI係数は上限値と下限値をもつ性質から、計画評価のための指標としてより有効であることがわかった。
- ③ 評価モデルの関数形としてロジットモデルとプロビットモデルの2種類を用いた。実証分析においてこれら2種類のモデルを比較したところ、よく似た精度のモデルであることがわかった。しかしながら、モデルの取り扱い易さからみるとロジットモデルが若干有利であると考えられる。
- ④ 徳島市を対象地域として施設整備の望ましさの評価を試みた。最も望ましい姿に対する整備達成率を定義し、その値を算出したところ安全と健康に関する施設が優れていることがわかった。

[第5章 効用最大化による都市公共施設の利用行動のモデル化とその応用]

第5章では、都市公共施設の利用者の需要構造を明らかにすることを目的として、利用者の効用を仮定し、効用最大化理論から施設の利用行動モデルを導いた。このモデルは利用者の施設の需要構造を理論的に表現したものであり、その内容について様々な考察を行った。そして、施設利用行動モデルの実証分析を行い、モデルの有効性を検討するとともに公園利用における需要構造を推定した。第5章の成果は次のようにまとめられる。

- ① 個人の施設の需要行動を説明するための基礎概念である利用者の効用関数を、利用者に与えられた自由時間、所得、施設利用に伴う費用と時間、および施設利用から得られる利用価値を用いて定式化することができた。そして、個人は施設の利用において効用を最大化しているという仮説に基づいて施設の利用行動モデルを導いた。このモデルによって効用を最大にする利用回数、およびこのときの最大効用値が、施設の特徴である1回の施設利用に要する費用、施設の利用に要する時間、および1回の利用価値によって表されることを明らかにした。
- ② 都市公共施設の利用行動モデルにおける利用回数の性質を調べるとともに、利用回数と施設の利用に要する費用、時間、施設の利用価値といった変数との関係を明らかにし、施設の立地特性に対する需要行動のメカニズムを説明した。

利用回数は、施設の利用に要する費用と時間から成る一般化費用の増加に対して単調減少し、一方、施設の利用価値の増加に対しては線形的に増加することを説明し、その関数関係も明らかにした。

- ③ 都市公共施設の利用行動モデルを応用して、徳島市において児童公園・児童遊園と都市総合公園の利用回数と公園までの距離、利用に要する費用、および利用価値との関係をそれぞれ推定したところ、いずれもかなりの精度で推定でき、住民の児童公園・児童遊園と都市総合公園に対する需要構造を明らかにすることができた。

[第6章 効用最大化による商業施設の利用行動のモデル化とその応用]

第6章では、消費者の商業施設の利用行動を効用最大化仮説によって説明し、その利用行動モデルとしてグラビティモデルを理論的に誘導した。次に、商圈を定義し、得られたモデルを用いて商圈を推定する方法を示した。さらに、このモデルの応用として、交通施設整備や商業施設の立地による買物需要の変化の推定方法について述べた。そして、商業施設の利用行動モデルの適用例として、幹線道路の整備が商業施設の利用に及ぼす影響の計量の実証分析を行った。第6章の成果は次のようにまとめられる。

- ① 消費者の商業施設の利用行動を効用最大化仮説からモデル化し、グラビティモデルで説明できることを示した。仮定した消費者の効用関数は、商業施設の利用回数は消費者の居住地からその商業施設までの時間距離と商業施設の魅力度から成る簡単なものである。本研究でとったアプローチは、個人の商業施設の利用行動は時間制約の下で効用を最大にするという仮説に基づいたものであるが、この結果、これまで買物行動を説明するために用いられてきたReillyやHuffの経験則を理論的に導くことができた。
- ② グラビティタイプのモデルで表された商業施設の利用回数の推定式から、任意の商業施設の需要量やその商業施設の都市全体におけるマーケット・シェアを算出する式を誘導した。また、消費者からみた各商業施設の買物の利便性を表す指標について考察した。この指標は、そのゾーンからすべての商業施設までの時間距離とそれら商業施設の魅力度を用いて簡単に表すことができ、商業施設の立地戦略上重要な情報といえる。
- ③ 商業施設の利用行動モデルを用いて商圈の推定方法を提案した。ここでは、ある居住者のゾーンからみてすべての商業施設に対する利用回数のうちで最も

利用回数の多い商業施設は、そのゾーンを商圈として含むという考えに基づいて商圈を表す式を導いたところ、商圈は商業施設の魅力度とそこまでの時間距離の比で表されることがわかった。この結果はReilly、Converceらの商圈を説明したことになるが、ここでは空間距離を時間距離に変換し、距離を時間距離で表していることから、今後の交通施設整備が商圈の変化に与える影響を分析することが可能になった。

- ④ 交通施設整備や新しい商業施設の立地が従来の商業施設に与えるインパクトを計測するために、商業施設の需要量の変化やマーケット・シェアの変化を算出する方法について述べた。これらの方法は、消費者や交通施設の計画主体のみならず、商業活動主体からみても今後の商業活動の方向性を知るために有用なものとなる。
- ⑤ 国道11号吉野川バイパス及び国道55号徳島南バイパスをケーススタディとし、商業施設の利用行動モデルを応用してバイパス道路の整備が商業施設への需要や商圈に及ぼす影響を計量した。分析においては、モデルの推定方法を示し、商業施設の利用に関するアンケート調査および商業施設の特性データを用いて、商業施設の利用行動モデルと商業施設の魅力度関数を推定することができた。

以上、本研究では、都市住民の意識と行動を都市施設整備計画に反映させるためのモデルを作成することを目的として、都市施設に対する満足度意識のモデル化と都市施設整備における効率性と公平性意識のモデル化、および効用最大化による都市公共施設の利用行動のモデル化と商業施設の利用行動のモデル化の方法を提案し、それらの現実問題に対する応用例を示すことによって、方法論の検討を行なった。人の意識や行動のモデル化においては、簡潔で、論理的なモデルを導くことができ、さらに、第3章から第6章の応用例で示したように、ここで導いたモデルの適用結果から、本研究で提案した方法論は都市施設整備計画に有効に用いることができると考える。

このように、本研究の成果は、多様性に富み、価値観の異なる人が住む都市の施設整備計画に、住民の意識や行動を反映させる方法論の確立に貢献できたと考える。今後は、本研究で提案した方法論をより多くの事例に応用し、なお一層の成果をあげていきたい。

謝辞

本論文を結ぶにあたり、本研究の遂行に関して、御指導、御協力いただいた方々に感謝の意を表したい。

まず、京都大学工学部天野光三教授には、筆者が大学院で研究に従事して以来、長きにわたって御指導をいただき、その幅広い見識と先見的な発想を学ばせていただいた。また、本論文の作成にあたっては、終始、心温かな御指導と御鞭撻を賜った。ここに、深甚なる感謝の意を表します。

徳島大学工学部青山吉隆教授には、筆者が研究の緒に就いたときから今日にいたるまで終始御指導をいただいた。研究の着想や方法などあらゆる面において賜った数多くの御助言と御示唆は、常に研究の拠り所とするものであった。ここに、心から感謝の意を表します。

徳島大学工学部定井喜明教授には、筆者に自由な研究の場を与えて下さるとともに、研究の遂行において常に適切な御助言と励ましのお言葉をいただいた。深く感謝の意を表する次第である。

また、本論文の作成にあたり、数多くの御助言をいただいた広島大学経済学部戸田常一助教授、京都大学工学部中川大講師、徳島大学工業短期大学部山中英生助教授に心からお礼を申し上げたい。

さらに、本研究の資料収集、計算作業に関して御協力と御助力をいただいた徳島大学工学部、および大学院工学研究科の土木計画学講座、社会基盤工学講座出身の諸兄に感謝の意を表したい。

最後に、本研究の遂行に際し、貴重な資料の提供と調査の御協力をいただいた建設省四国地方建設局道路部、徳島市総務部の各位に末尾ながら厚くお礼を申し上げます。

平成3年2月

近藤 光男